ITU News MAGAZINE

No. 2
2023

# مستقبل التوقيت العالمي المنسق

ITUWRC
دبي2023

# // واكب المستجدات
# // ابقَ على اطلاع

## مجلة أخبار
## الاتحاد الدولي للاتصالات

بوابتك إلى الأخبار والرؤى الرقمية

## اشترك اليوم

المدونة | المجلة | النشرة الإخبارية

# التوقيت في عالم اليوم

**دورين بوغدان-مارتن**
**الأمينة العامة للاتحاد الدولي للاتصالات**

> *يتيح لنا نظام التوقيت المزامنة والتنظيم.*
>
> دورين بوغدان-مارتن

يكتسي التوقيت أهمية بالغة في حياتنا على كوكب الأرض. ولطالما اعتمدت عليه مجتمعاتنا.

وقد يكون الوقت أهم ما لدينا من سلع. وبدون نظام توقيت، لن يكون بإمكاننا تحديد أيام أو شهور أو أعياد ميلاد أو ذكرى سنوية بعينها، أو تحديد منتصف النهار أو منتصف الليل بدقة. ولئن كنا لا نفكر في أسباب أهمية التوقيت إلا نادراً، فإننا بكل بساطة نضيع بدونه. ويتيح لنا نظام التوقيت المزامنة والتنظيم.

وتمكننا شبكة معقدة من أنظمة التوقيت من إدارة الوقت في حياتنا اليومية في عالم يتطور باستمرار. ويُعرض الوقت في كل مكان – على الحواسيب والهواتف الذكية وأجهزة التلفزيون وجميع الأنواع الأخرى من التطبيقات والأنظمة. وتعتمد الكيانات المختلفة، من شركات التكنولوجيا وأنظمة الملاحة الساتلية إلى هيئات الإذاعة وعلماء الفلك، جميعها على نظام توقيت موثوق.

وفي السنوات الأخيرة، سعى بعض الخبراء إلى تعديل التوقيت العالمي المنسق (UTC)، مشككين في ضرورة تعديلات "الثانية الكبيسة". وفي عالم اليوم الرقمي، يثير البحث عن توقيت يكون دقيقاً ومقبولاً على نطاق واسع أسئلة حول كيفية التوفيق بين عدم انتظام دوران الأرض والنبض المنتظم للتوقيت الذري، وما إذا كان ينبغي فعل ذلك.

ومن المؤكد أن المناقشات الجارية بشأن هذا الموضوع قبل انعقاد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية (WRC-23) في نوفمبر وديسمبر ستستنير بوجهات نظر مؤلفي هذا العدد من *مجلة أخبار الاتحاد الدولي للاتصالات*.

وتؤدي الاتصالات الراديوية دوراً رئيسياً في تمكين الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) من دفع التحول الرقمي المستدام وتحقيق التوصيلية الهادفة للجميع. فلنعمل معاً لضمان أن يكون التوقيت المستقبلي مناسباً للبشرية جمعاء.

صورة الغلاف: Adobe Stock
(Image element from NASA)

ISSN 1020-4148
itunews.itu.int
6 أعداد سنوياً
حقوق التأليف والنشر: ITU 2023 ©

رئيس التحرير: نيل ماكدونالد
المصمم الفني: كريستين فانولي
مساعدة التحرير: أنجيلا سميث

مكتب التحرير/معلومات الإعلان:
هاتف: 5723/5683 730 22 41+
بريد إلكتروني: itunews@itu.int

العنوان البريدي:
International Telecommunication Union
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20 (Switzerland)

تنويه: الآراء التي تم الإعراب عنها في هذا المنشور هي آراء المؤلفين ولا تُلزم الاتحاد الدولي للاتصالات. والتسميات المستخدمة وطريقة عرض المواد الواردة في هذا المنشور، بما في ذلك الخرائط، لا تعني الإعراب عن أي رأي على الإطلاق من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات فيما يتعلق بالمركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو فيما يتعلق بتحديدات تخومها أو حدودها. وذكر شركات بعينها أو منتجات معينة لا يعني أنها معتمدة أو موصى بها من جانب الاتحاد الدولي للاتصالات تفضيلاً لها على سواها مما يماثلها ولم يرد ذكره.

التقط كل الصور الاتحاد الدولي للاتصالات ما لم ينص على غير ذلك.

# مستقبل التوقيت العالمي المنسق

المقال الافتتاحي

**3 التوقيت في عالم اليوم**
دورين بوغدان-مارتن
الأمينة العامة للاتحاد الدولي للاتصالات

مقدمة

**6 مستقبل التوقيت**
ماريو مانيفيتش،
مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد

**9 المستقبل يبدأ الآن**
مارتن ميلتون، مدير المكتب الدولي للأوزان والمقاييس

نظرة عامة

**12 التقدم المحرز في مجال إرسالات إشارات التوقيت والترددات المعيارية**
جوزيف أشقر، رئيس فرقة العمل 7A لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

**15 التوقيت العالمي المنسق: نظرة عامة**
باتريتزيا تافيلا، مديرة دائرة التوقيت، المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)

**19 جداول التوقيت السائدة اليوم**
فاديم نوزدرين، مستشار لجان الدراسات، لجنة الدراسات 7 لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات – خدمات العلوم

الشبكات الرقمية

**24 التزامن وتأثير حالات انقطاع التوقيت العالمي المنسق**
ستيفانو روفيني، المقرر المعني بالمسألة 13/15، لجنة الدراسات 15 لقطاع تقييس الاتصالات، وسيلفانا رودريغز، مهندسة أنظمة رئيسية أولى، هواوي

**28 تأثير التوقيت العالمي المنسق على الصناعة 4.0**
توماس ويدومسكي، المؤسس المشارك لشركة Elproma

**31 التزامن الزمني في مراكز البيانات**
أوليغ أوبلوخوف، مهندس إنتاج، شركة Meta وأحمد بياغوي، باحث، شركة Meta

**35 برنامج مركز التوقيت الوطني في المملكة المتحدة**
هيلين مارغوليس، رئيسة قسم العلوم المعني بالوقت والتردد، المختبر الوطني للفيزياء، المملكة المتحدة

أنظمة الملاحة

**38 النظام الساتلي للملاحة BeiDou والثانية الكبيسة للتوقيت العالمي المنسق (UTC)**
يوتينغ لين، كبير المهندسين، في مركز بيجين للملاحة الساتلية؛ ويوانزي يانغ، زميل باحث، في مختبر الدولة الرئيسي لهندسة المعلومات الجغرافية؛ وبيجياو سون، مهندس في مختبر الدولة الرئيسي لهندسة المعلومات الجيولوجية، الصين

علوم

**41 التأثير العملي على علم الفلك**
دينيس مكارثي، ممثل الاتحاد الفلكي الدولي في اللجنة الاستشارية للتوقيت والتردد والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIM)

**44 نشر التوقيت: منظور تاريخي**
كريستيان بيزوار، عالم فلك، مرصد باريس (SYRTE) ومركز توجه الأرض لدى الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

**47 تزامن شبكات الطاقة الكهربائية**
جيف داغل، رئيس مهندسي الكهرباء، المختبر الوطني لشمال غرب المحيط الهادئ (PNNL)

**51 التوقيت العالمي المنسق (UTC): في الماضي والحاضر والمستقبل**
أندرياس باوخ، كبير علماء، معهد علم القياس الوطني (PTB)، وكارستن باكويتز، كبير المستشارين بشأن الطيف الترددي، وكالة الشبكات الاتحادية (BNetzA)، ألمانيا

**54 التوقيت والحاجة إلى التوافق الفلكي**
القس بول غابور، نائب مدير مرصد الفاتيكان، الولايات المتحدة

العد التنازلي لعقد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023

**57 العد التنازلي لعقد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023**

# مستقبل التوقيت

**ماريو مانيفيتش،**
**مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد**

بغض النظر عن كيفية قياسك للوقت، فهو مهم لجميع أنشطتنا اليومية ولسير العمل المنظَّم لمجتمعاتنا. وكان تعريف الوقت وما زال شاغلاً للعلماء في جميع أنحاء العالم. وبعد سنوات من استعمال دوران الأرض كأساس لتحديد مدة اليوم ولتحديد جداول التوقيت، جاء اعتماد التوقيت العالمي المنسق (UTC) في عام 1971 بمثابة فتح جديد في تعريف التوقيت.

وبعد أكثر من نصف قرن بقليل، يسعدني أن أزف إليكم هذا العدد الخاص من مجلة أخبار الاتحاد بشأن استعمالات التوقيت العالمي المنسق وتطبيقاته في المستقبل. ويتضمن هذا العدد، الذي أعده الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) والمكتب الدولي للموازين والمقاييس (BIPM)، مقالات ومناقشات عن مستقبل الطرق المختلفة التي يُسجَّل بها الوقت.

ويؤدي الاتحاد الدولي للاتصالات دوراً مركزياً في تعريف ونشر التوقيت العالمي المنسق (UTC)، وذلك أساساً من خلال فرقة العمل 7A التابعة لقطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R) المكلفة بمعالجة الخدمات العلمية المتصلة ببث إشارات التوقيت والترددات المعيارية.

> *بغض النظر عن كيفية قياسك للوقت، فهو مهم لجميع أنشطتنا اليومية ولسير العمل المنظَّم لمجتمعاتنا.*
>
> ماريو مانيفيتش

ويشمل نطاق اختصاص فرقة العمل 7A نشر واستقبال وتبادل خدمات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت وتنسيقها على الصعيد العالمي. ومن المنتجات الأساسية لفرقة العمل 7A، التوصية ITU-R TF.460-6 المعنونة "بث الترددات المعيارية وإشارات التوقيت". وهي تقدم التعريف الرسمي للتوقيت العالمي المنسق (UTC)، بالإحالة إليها مرجعياً في لوائح الراديو للاتحاد.

## جدول توقيت مرجعي عالمي

ويُستعمل التوقيت العالمي المنسق (UTC) في الوقت الحاضر في طائفة من الأغراض المختلفة، ابتداءً من الدقائق التي يحتاجها الجمهور العام للتقيد بالجداول الزمنية، إلى النانو ثوانٍ المتزامنة المطلوبة في أكثر التطبيقات إلحاحاً كالملاحة من خلال الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية — مثل النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS)، والنظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS)، وفي الآونة الأقرب نظام غاليليو (Galileo) الأوروبي ونظام BeiDou الصيني.

وأكدت الغالبية العظمى من أوساط المستعملين والمنظمات الدولية وخبراء التوقيت، الحاجة إلى جدول توقيت مرجعي عالمي فريد. ومن المسائل ذات الأولوية تحديد ما إذا كان ينبغي جعل التوقيت العالمي المنسق جدول التوقيت المتواصل بدلاً من جدول التوقيت الذري المتدرج المستعمل الآن. وهناك توافق على عدم استعمال جداول زمنية بديلة وأنظمة التوقيت كمصادر مرجعية للتوقيت، وإلى تكييف ممارسات تحديد التوقيت العالمي المنسق (UTC) مع احتياجات المستعملين في القرن الحادي والعشرين.

ومن شأن هذا التغيير أن يجلب فوائد جدول التوقيت المتواصل المتاح لتشغيل جميع الأنظمة الحديثة للملاحة الإلكترونية والمحوسبة. ومن شأن ذلك أن يغني عن استعمال توقيت أنظمة متخصصة مخصصة لتجنب خطوات الثانية الواحدة التي يتعذر التنبؤ بها في التوقيت العالمي المنسق (UTC).

## كيف سيبدو المستقبل؟

لتلبية أكبر عدد ممكن من الطلبات، ينبغي أن يكون جدول التوقيت المرجعي المستقبلي:

- محققاً دولياً،
- ومقبولاً عالمياً،
- ومتواصلاً (على الأقل لفترة طويلة).

ومن المهم أيضاً أن يكون لجدول التوقيت المرجعي المستقبلي علاقة معروفة بدوران الأرض، وأن يكون تخالفه عن التوقيت العالمي (UT1) معروفاً ومنشوراً. ويمكن الحصول على جدول توقيت مرجعي مستقبلي يحتفظ بمزايا التوقيت العالمي المنسق القديم فيما يلي هذه المتطلبات، من خلال الحفاظ على التوقيت العالمي المنسق الحالي، على نحو ما حدده المؤتمر العام للأوزان والمقاييس في عام 2022، ومن خلال تخفيف القيود المفروضة على التخالف بين التوقيت العالمي (UT1) والتوقيت العالمي المنسق (UTC).

> *أكدت الغالبية العظمى من أوساط المستعملين والمنظمات الدولية وخبراء التوقيت، الحاجة إلى جدول توقيت مرجعي عالمي فريد.*

## فترة انتقالية مناسبة

تثير التغييرات في أي جدول توقيت مرجعي أسئلة حول التوافق مع الأنظمة والأجهزة السابقة أو المضبوطة سابقاً. ونظراً لأهمية العديد من جوانب البنى التحتية الوطنية الحرجة، هناك حاجة إلى وضع تدابير واضحة لمعالجة قضية التوافق مع جداول التوقيت السابقة في حال اتُخذ قرار بشأن جدول توقيت مرجعي مستقبلي.

ومن أجل إتاحة الوقت الكافي للأنظمة القديمة للتكيف مع التغيير في التوقيت العالمي المنسق، طلب بعض المستعملين – بمن فيهم علماء الفلك، والملاحة البحرية، والخدمات المتنقلة البحرية، وخدمات الطيران والاستدلال الراديوي، والخدمات الثابتة والمتنقلة والإذاعية – فترة انتقالية لتحديث أنظمتهم. وهي فترة لا تقل عن 15 عاماً، في حالة النظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS)، بين صدور القرار وتنفيذه.

وعلى أي حال، ينبغي أن تطول الفترة الانتقالية بما يكفي للسماح لمعدات المستعملين الحالية بمواصلة عملها دون التأثير على جودة الخدمة. ولا بد من تحديث التوصية ITU-R TF.460-6 خلال فترة الانتقال إلى جدول توقيت متواصل.

## دراسات الاتحاد التي سيُنظر فيها خلال المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية لعام 2023 (WRC-23)

سينظر المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية (WRC-23) في دبي، الإمارات العربية المتحدة، في نتائج دراسات قطاع الاتصالات الراديوية بشأن تأثير تغيير جداول التوقيت، استجابةً للقرار السابق (WRC-15) 655. وترد معلومات أوفى عن هذا الموضوع في التقرير ITU-R TF.2511-0 بعنوان "محتوى وهيكل إشارات التوقيت التي ستنشر عن طريق أنظمة الاتصالات الراديوية والجوانب المختلفة لجداول التوقيت المرجعية الحالية والمقبلة المحتملة، بما في ذلك آثارها وتطبيقاتها في الاتصالات الراديوية".

## تبادل الخبرات ووجهات النظر

أود أن أعرب عن عظيم امتناني لمن شاركوا في كتابة المقالات التي نُشرت في هذا العدد من مجلة أخبار الاتحاد الدولي للاتصالات لاطلاعنا على خبراتهم ووجهات نظرهم. إن معارفهم المشتركة توفر مورداً تقليدياً ومرجعاً بالنسبة لعلم ضبط التوقيت يُثري ويغذي الحوار الجاري بشأن مستقبل التوقيت، وما إذا كان من المناسب إلغاء نظام الثانية الكبيسة.

> *سينظر المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية (WRC-23) في دبي، الإمارات العربية المتحدة، في نتائج دراسات قطاع الاتصالات الراديوية بشأن تأثير تغيير جداول التوقيت.*

ITUWRC
دبي2023
20 نوفمبر - 15 ديسمبر 2023
دبي، الإمارات العربية المتحدة

> *أود أن أعرب عن عظيم امتناني لمن شاركوا في كتابة المقالات التي نُشرت في هذا العدد من مجلة أخبار الاتحاد الدولي للاتصالات لاطلاعنا على خبراتهم ووجهات نظرهم.*

# المستقبل يبدأ الآن

## مارتن ميلتون، مدير المكتب الدولي للأوزان والمقاييس

كانت الاتفاقات بشأن ضبط التوقيت ضرورية للتقدم البشري على مدى آلاف السنين. ومع استمرار تطور البشرية والسلوك البشري، أصبحت الطلبات على جدول توقيت محسَّن أكثر تواتراً وشدةً.

وخلال عام 2021، أجرى المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) دراسة استقصائية بين المستعملين وأصحاب المصلحة لديه حول تأثير الانقطاعات في التوقيت العالمي المنسق (UTC) على التطبيقات الحالية لضبط التوقيت. وتُظهر البيانات المجمعة أنه لا يمكن إلا للتوقيت العالمي المنسق المتواصل حقاً – الذي يتم قياسه بدقة وبدون تعديلات متكررة – تلبية احتياجات المستعمل في القرن الحادي والعشرين.

والتغيير يلازمنا. ومع ذلك، يجب أن نمضي قدماً بعناية واهتمام بصفتنا الأوصياء المؤسسيين على التوقيت الدولي. ولذلك، وإذ نمضي قدماً في هذا الموضوع، يجب أن نراعي حقيقة أن الدورات الفلكية اليومية الملموسة تظل الأساس الرمزي للتوقيت للجميع تقريباً.

ولهذا السبب، يجب أن نأخذ في الاعتبار تأثير أي قرار لتغيير التوقيت العالمي المنسق على علم الفلك، إلى جانب أي أنشطة اجتماعية تربط الناس بالدورة الطبيعية للأرض.

> *ومع استمرار تطور البشرية والسلوك البشري، أصبحت الطلبات على جدول توقيت محسَّن أكثر تواتراً وشدة.*
>
> مارتن ميلتون

## قرار حديث بشأن التوقيت العالمي المنسق في المستقبل

جمع المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM) في نوفمبر 2022 بين 64 دولة عضواً في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس. ووافق على قرار "بشأن استخدام التوقيت العالمي المنسق وتطويره في المستقبل"، واقترح تمديد التفاوت بين التوقيت العالمي المنسق وزاوية دوران الأرض بحلول عام 2035.

وفي ضوء هذا القرار، يتطلع المكتب الدولي للأوزان والمقاييس إلى التعاون مع دوائر الصناعة والمنظمات، وبطبيعة الحال مع الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)، بشأن وضع ونشر معيار توقيت محدَّث يتكيف مع احتياجات المجتمع الحديث.

## نقطة تحول

كما يوضح الرسم البياني أدناه، نحن بالفعل عند نقطة تحول في تاريخ التوقيت العالمي المنسق.

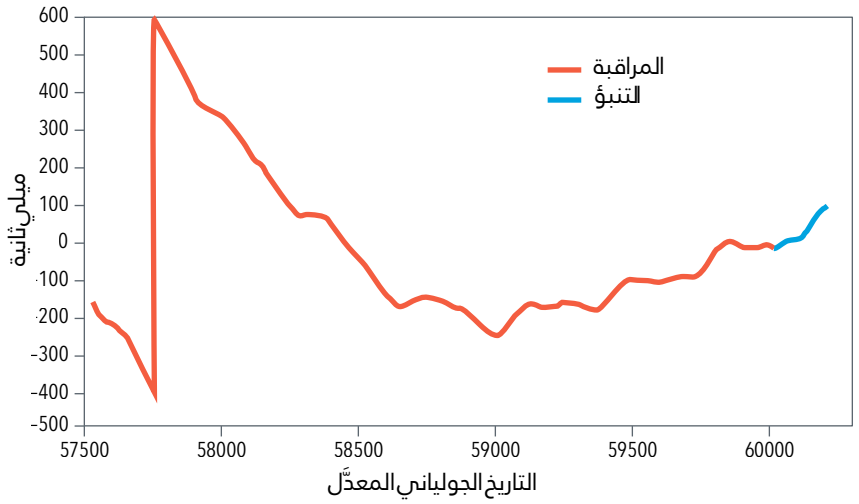
واتسع الفرق بين توقيت دوران الأرض والتوقيت الذري بشكل كبير على مدى السنوات الخمسين الماضية. وأدى هذا الاتجاه، الذي تفاقم بسبب تباطؤ دوران الأرض، إلى إدخال ثوانٍ كبيسة عرَضياً.

بيد أن أحدث البيانات تشير إلى انعكاس في الاتجاه، مما أدى إلى احتمال أنه من الآن وحتى عام 2035 قد نحتاج إلى إدخال أول ثانية كبيسة سلبية على الإطلاق في تطبيقات التوقيت المستندة إلى التوقيت العالمي المنسق.

وأنا أكتب هذا المقال، بدأت وكالات الفضاء في شتى أنحاء العالم بمناقشة الحاجة إلى مرجع توقيت متواصل من أجل القمر. ولذلك، قد يصبح التوقيت العالمي المنسق المتواصل يوماً ما مرجع التوقيت بالنسبة للأرض وخارجها.

*"قد يصبح التوقيت العالمي المنسق المتواصل يوماً ما مرجع التوقيت بالنسبة للأرض وخارجها."*

فارق UTC-UT1

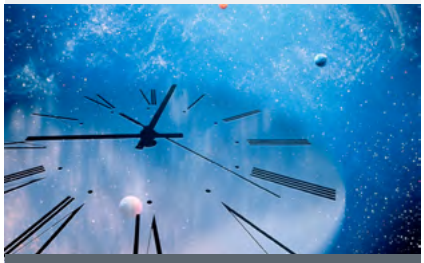



*المصدر: EOC*

## هل تنتمي الثانية الكبيسة إلى الماضي؟

ظهرت أسئلة مماثلة عن ضبط التوقيت العالمي منذ عقد من الزمن، في طبعة مجلة أخبار الاتحاد التي نُشرت في عام 2013. وجاء في التمهيد الذي أعده فرانسوا رانسي، مدير مكتب الاتصالات الراديوية آنذاك، ما يلي: ”العصر الحديث — هل تنتمي الثانية الكبيسة إلى الماضي؟“

والآن، بعد مرور عشر سنوات، يمكن أن يكون الأمر كذلك.



**مجلة أخبار الاتحاد طبعة نُشرت في 2013: مستقبل التوقيت**

قم بتنزيل نسختك

# التقدم المحرز في مجال إرسالات إشارات التوقيت والترددات المعيارية

## جوزيف أشقر، رئيس فرقة العمل 7A لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات

*تدعو الحاجة إلى أن يكون جدول التوقيت المرجعي المستقبلي منفّذاً دولياً ومقبولاً عالمياً ومتواصلاً.*

جوزيف أشقر

تُعنى فرقة العمل 7A في قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU-R – أحد القطاعات الثلاثة للاتحاد الدولي للاتصالات) بالخدمات العلمية المتعلقة بإرسالات إشارات التوقيت والترددات المعيارية.

وفي عام 2015، اعتمد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية القرار (WRC-15) 655، بشأن "تعريف جدول التوقيت ونشر إشارات التوقيت عن طريق أنظمة الاتصالات الراديوية"، بعد 15 عاماً من المناقشات في إطار فرقة العمل 7A. وأثيرت هذه المسألة للمرة الأولى بعدما بدأ الإدراج العرَضي للثواني الكبيسة في التوقيت العالمي المنسق (UTC) يتسبب في صعوبات تشغيلية كبيرة للعديد من أنظمة الملاحة والصناعة والشؤون المالية والاتصالات.

وفي الأساس، أثارت التوصية ITU-R TF.460 التي أطلقتها اللجنة الاستشارية الدولية للراديو (CCIR) في عام 1970 الحاجة إلى نشر الترددات المعيارية وإشارات التوقيت بما يتوافق مع الثانية، على النحو الذي حدده المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (Conférence générale des poids et mesures - CGPM) في عام 1967.

وتنص هذه التوصية على أن جميع إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت ينبغي أن تتوافق قدر الإمكان مع التوقيت العالمي المنسق. وتصف التوصية أيضاً إجراء إدراج الثواني الكبيسة عرَضياً في التوقيت العالمي المنسق.

## الإرشادات المتعلقة بضبط التوقيت ونشر إشارات التوقيت

كثفت فرقة العمل 7A منذ عام 2016 الدراسات بشأن هذه المسألة، بالتعاون الوثيق مع المنظمات الأخرى ذات الصلة، وكذلك مع قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد (ITU-T)، وترد نتائج هذه الدراسات في التقرير TF.2511 لقطاع الاتصالات الراديوية.

ويهدف التقرير، في إطار الاستجابة للقرار 655، إلى أن يحيط علماً إدارات الدول الأعضاء في الاتحاد وأعضاء القطاع – وكذلك شركات الاتصالات ومقدمي خدمات الإنترنت ووكالات الفضاء ومنظمات الطيران والمنظمات البحرية ومنظمات الأرصاد الجوية والجامعات وهيئات من غير أعضاء الاتحاد – بالجوانب التنظيمية والتقنية والعملية لضبط التوقيت ونشر إشارات التوقيت والترددات المعيارية.

تدعو الحاجة إلى أن يكون جدول التوقيت المرجعي المستقبلي منفّذاً دولياً ومقبولاً عالمياً ومتواصلاً. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإبقاء على التوقيت العالمي المنسق وتخفيف القيود المفروضة على التخالف بين التوقيت العالمي المنسق والتوقيت UT1، ما يعني التوقيت العالمي القائم على دوران الأرض.

وكما تبين دراسات فرقة العمل 7A، فإن مهمة تحديد كيفية ارتباط جدول التوقيت المرجعي الدولي بمصادر التوقيت الأخرى، بما فيها التوقيت UT1، تقع ضمن اختصاص المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (Bureau international des poids et mesures – BIPM) بالاقتران مع اللجنة الاستشارية للتوقيت والتردد (CCTF) واللجنة الدولية للأوزان والمقاييس (Comité international des poids et mesures - CIPM) والمؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM). بيد أن بث ونشر إشارات التوقيت والترددات المعيارية، بما في ذلك تخالفات جداول التوقيت، مهمة تقع ضمن اختصاص قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد.

وبينما تود بعض مجموعات المستعملين أن ينتهي نظام الثواني الكبيسة في أقرب وقت ممكن، تأمل مجموعات أخرى في تحديث أنظمتها وإجراءاتها أولاً، ما دفعها إلى طلب فترة انتقالية مدتها 15 عاماً بين القرار والتنفيذ.

### تقرير دراسات الاتحاد الدولي للاتصالات

تشمل المواضيع التي تناولها التقرير TF.2511 ما يلي:

- معلومات أساسية بشأن التوقيت العالمي المنسق.
- أهمية التوقيت العالمي المنسق.
- دور المنظمات.
- تأثير الثواني الكبيسة.
- جداول التوقيت الحالية والمستقبلية.
- نشر إشارات التوقيت.

تنزيل التقرير

> *بينما تود بعض مجموعات المستعملين أن ينتهي نظام الثواني الكبيسة في أقرب وقت ممكن، تأمل مجموعات أخرى في تحديث أنظمتها وإجراءاتها أولاً.*

# التحضير للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 (WRC-23)

سيقدم مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات تقريراً باستنتاجات دراسات فرقة العمل 7A إلى المؤتمر العالمي القادم للاتصالات الراديوية (WRC-23) الذي سيعقد في دبي في أواخر عام 2023. واعتُمد التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق (UTC) في القرار 2 للمؤتمر العام للأوزان والمقاييس في عام 2018، وأعقبه في عام 2020 توقيع مذكرة تفاهم بين المكتب الدولي للأوزان والمقاييس والاتحاد الدولي للاتصالات، توضح نطاق التعاون المتبادل. ومن ثم، وكما تؤكد مذكرة من فرقة العمل إلى المدير، فإن تحديد التوقيت العالمي المنسق ليس مهمة تتعلق بتنظيم الطيف.

وفي الواقع، اتخذ المؤتمر العام للأوزان والمقاييس قراراً بشأن جدول توقيت مرجعي متواصل في نوفمبر 2022 يؤيد إلغاء الثانية الكبيسة. ويقع العمل المتبقي، من قبيل تعاون الاتحاد الدولي للاتصالات مع المنظمات الدولية وتحديث التوصية ITU R TF.460، تحت مسؤولية أفرقة العمل ذات الصلة لقطاع الاتصالات الراديوية.

وفي إطار الأعمال التحضيرية الجارية للمؤتمر WRC-23، عقد مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد جلسة خاصة مع المكتب الدولي للأوزان والمقاييس بشأن القرار (WRC-15) 655، في مقر الاتحاد بجنيف، سويسرا. وسعت الجلسة، التي عُقدت خلال ورشة العمل الأقليمية الثانية للاتحاد بشأن الأعمال التحضيرية للمؤتمر WRC-23، إلى حشد آراء المنظمات الإقليمية بشأن المسألة، وكذلك عرض الوضع الحالي في كل منطقة بحيث تتمكن جميع المناطق من المضي قدماً معاً والوفاء بتوقعات المستعملين على نحو أفضل.

وستمهد مختلف الدراسات المضطلع بها – إلى جانب المناقشات في الدورة التحضيرية القادمة (CPM23-2) وفي فرقة العمل 7A – الطريق لمراجعة القرار 655 في المؤتمر WRC-23.

والهدف في النهاية هو تلبية احتياجات المستعملين مع اقترابنا من منتصف القرن الحادي والعشرين.

> *اتخذ المؤتمر العام للأوزان والمقاييس قراراً بشأن جدول توقيت مرجعي متواصل في نوفمبر 2022.*

## قرارات المؤتمر العام للأوزان والمقاييس

تم اتخاذ قرار بشأن جدول توقيت مرجعي متواصل في نوفمبر 2022.

تنزيل
(انظر القرار 4 في الصفحة 23)

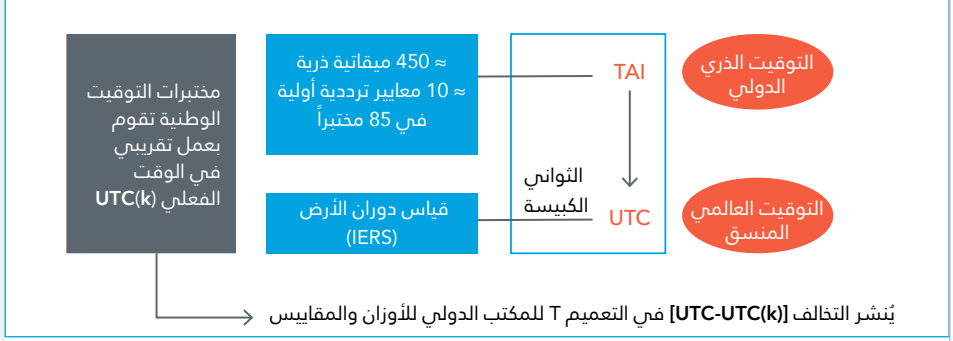
Adobe Stock

# التوقيت العالمي المنسق: نظرة عامة

**باتريتزيا تافيلا، مديرة دائرة التوقيت، المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)**

التوقيت العالمي المنسق (UTC) هو جدول توقيت مرجعي عالمي يقوم بحسابه المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) – المنظمة الدولية المعنية بالمسائل المتعلقة بعلوم القياس ومعايير القياس.

ويعتمد التوقيت العالمي المنسق على حوالي 450 ميقاتية ذرية، تجري صيانتها في 85 مختبراً وطنياً للتوقيت في العالم. وتوفر الميقاتيات بيانات قياس منتظمة للمكتب الدولي للأوزان والمقاييس، بالإضافة إلى التقريبات المحلية في الوقت الفعلي للتوقيت العالمي المنسق، المعروفة باسم UTC(k)، من أجل الاستخدام الوطني (انظر الشكل).




*المصدر: BIPM*

> *يعتمد التوقيت العالمي المنسق على حوالي 450 ميقاتية ذرية، تجري صيانتها في 85 مختبراً وطنياً للتوقيت في العالم.*
>
> باتريتزيا تافيلا

يتم تحديد وتنفيذ الوحدة المستخدمة، أي الثانية، وجدول التوقيت المرجعي UTC تحت سلطة المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM)، حيث يتم تمثيل 64 دولة عضواً و36 منتسباً من الدول والاقتصادات.

وتقوم الخدمة الدولية لدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) بتحديد ونشر الفرق بين التوقيت العالمي المنسق (UTC) وزاوية دوران الأرض المشار إليها باسم UT1. وكلما اقترب هذا الفرق من 0,9 ثانية، يتم الإعلان عن ثانية كبيسة جديدة وتطبيقها في جميع مختبرات التوقيت.

ويتم إرسال التوقيت العالمي المنسق (UTC) والفرق بين التوقيت UT1 والتوقيت UTC بواسطة خدمات إشارات التوقيت والترددات المعيارية العديدة التي ينظمها قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU-R – أحد القطاعات الثلاثة للاتحاد الدولي للاتصالات).

*"من منظور إدارة الأنظمة المعقدة، يشكل تطبيق الثانية الكبيسة على جميع الميقاتيات الساتلية في نفس الوقت خطراً."*

## كيف يحصل المكتب الدولي للأوزان والمقاييس على التوقيت العالمي المنسق

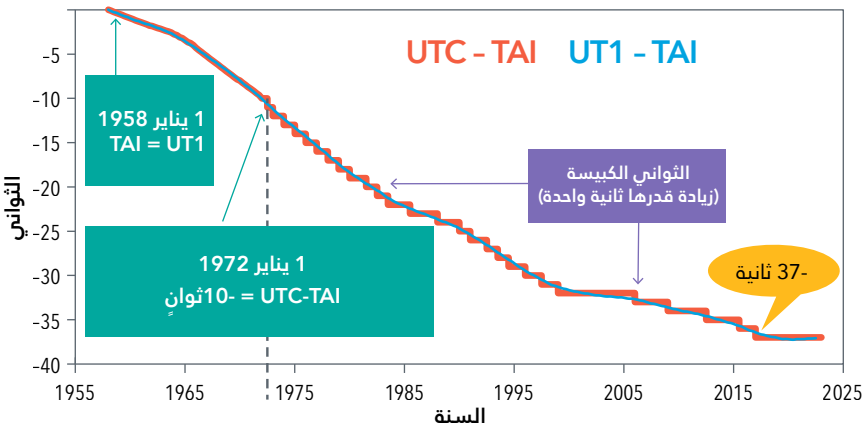
يقوم المكتب الدولي للأوزان والمقاييس أولاً بحساب المتوسط المرجح لجميع الميقاتيات الذرية المعنية لتنفيذ التوقيت الذري الدولي (TAI). وتتسم خوارزمية حساب التوقيت TAI بالتعقيد، وتشمل التقدير والتنبؤ والتحقق من صحة كل نوع من أنواع الميقاتيات.

وبالمثل، تستند القياسات اللازمة لمقارنة الميقاتيات عن بُعد إما إلى الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) أو إلى تقنيات أخرى، مثل النقل ثنائي الاتجاه لإشارات التوقيت والترددات عن طريق السواتل أو الألياف البصرية. وكلها تحتاج إلى المعالجة للتعويض عن التأخير الناجم، مثلاً، عن الأيونوسفير أو مجال الجاذبية أو حركة السواتل.

وفي النهاية، يتم الحصول على التوقيت UTC من التوقيت TAI عن طريق إضافة أو طرح ثانية كبيسة حسب الضرورة والحفاظ على معدل تشغيل الثانية الذرية.

## مواءمة التوقيت العالمي المنسق مع الدوران غير المنتظم للأرض

في سبعينيات القرن الماضي، في بداية عصر الميقاتية الذرية، اتُّفق على الحفاظ على توافق التوقيت العالمي المنسق مع الدوران غير المنتظم للأرض لأن التوقيت العالمي المنسق سمح بتقدير زاوية دوران الأرض UT1 بتفاوت مسموح به قدره 0,9 ثانية. وكان هذا مطلوباً إلى حد كبير بالنسبة لأنظمة الملاحة القائمة على عمليات الرصد السماوي. وفي البداية، تم تصحيح التوقيت العالمي المنسق بزيادات صغيرة جداً في الوقت والتردد. وابتداءً من عام 1972، تم استخدام ثوان كبيسة كاملة (انظر الشكل).




يوضح هذا الشكل إزاحة UTC و UT1 فيما يتعلق بالتوقيت الذري الدولي (TAI) منذ بداية الوقت الذري. تم تعيين TAI و UTC بالاتفاق مع UT1 في عام 1958.

UTC = التوقيت العالمي المنسق
UT1 = التوقيت العالمي 1
TAI = التوقيت الذري الدولي

*المصدر: BIPM.*

## شركات التكنولوجيا التي تستخدم بدائل الثانية الكبيسة

يتبع تطبيق الثانية الكبيسة تسلسل تسمية الثانية الموضح أدناه. وتوصف الثانية الكبيسة المدرجة بأنها 23:59:60 – وهو وقت غير متوقع في ميقاتيات معظم الأنظمة الرقمية الحديثة.

وتسبب هذا الاختلاف في انتشار الأساليب المخصصة التي يتم استخدامها بشكل متزايد كبدائل للثانية الكبيسة.

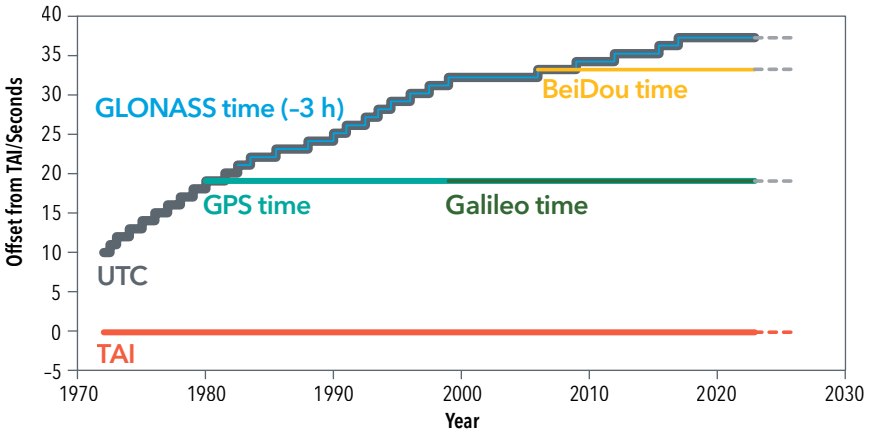
فعلى سبيل المثال، "يبطّئ" Google ميقاتياته لدمج الثانية الإضافية خلال 24 ساعة ماضية، ويقوم Facebook بذلك خلال 18 ساعة قادمة، وMicrosoft خلال آخر ثانيتين، وAlibaba في فاصل زمني مدته 24 ساعة حول الثانية الكبيسة.

23:59:59
23:59:60
00:00:00

## المخاطر المرتبطة بالثواني الكبيسة

من منظور إدارة الأنظمة المعقدة، يشكل تطبيق الثانية الكبيسة على جميع الميقاتيات الساتلية في نفس الوقت خطراً. ولهذا السبب، اختارت معظم أنظمة الملاحة الساتلية العالمية (باستثناء GLONASS) مزامنة ميقاتياتها وجدول التوقيت الخاص بها مع التوقيت العالمي المنسق منذ البداية، دون إضافة ثوانٍ كبيسة.

ولذلك، فإن توقيت النظام GPS متقدم اليوم بمقدار 18 ثانية عن التوقيت العالمي المنسق. وينطبق الأمر نفسه على توقيت النظام Galileo، في حين أن توقيت النظام BeiDou متقدم بأربع ثوانٍ (انظر الشكل).




يوضح هذا الشكل التخالف بين التوقيت العالمي المنسق وجداول التوقيت الداخلية لأنظمة الملاحة الساتلية العالمية والتوقيت الذري الدولي

*المصدر: BIPM*

ويسبب هذا الموقف الارتباك لدى المستعملين في اليوم الذي يتم فيه تطبيق ثانية كبيسة. كما أنه يثير مخاوف بشأن خطر حدوث مفارقات يمكن أن تعرض للخطر موثوقية البنية التحتية الوطنية الهامة.

## الحفاظ على توافق التوقيت العالمي المنسق مع دوران الأرض

قرر الاجتماع السابع والعشرون للمؤتمر العام للأوزان والمقاييس، الذي عقد في نوفمبر 2022، الإبقاء على العملية الحالية للحفاظ على توافق التوقيت العالمي المنسق مع دوران الأرض. ومع ذلك، ينص القرار على حد تفاوت مسموح به أكبر من تسعة أعشار الثانية – مع تعديلات أكبر، ولكن أقل ضرورة – لضمان استمرارية التوقيت العالمي المنسق لمدة المائة عام القادمة على الأقل.

ويعمل المكتب الدولي للأوزان والمقاييس حالياً مع قطاع الاتصالات الراديوية ومنظمات أخرى بشأن عملية جديدة من المتوقع أن تدخل حيز النفاذ في عام 2035. وسيشمل ذلك قيمة تفاوت جديدة محددة للتخالف UTC-UT1، لضمان الحفاظ على فعالية وكفاءة التوقيت العالمي المنسق في تلبية احتياجات التطبيقات المرجعية الحالية والمستقبلية.

*يعمل المكتب الدولي للأوزان والمقاييس حالياً مع قطاع الاتصالات الراديوية ومنظمات أخرى بشأن عملية جديدة من المتوقع أن تدخل حيز النفاذ في عام 2035*

Adobe Stock

# جداول التوقيت السائدة اليوم

**فاديم نوزدرين، مستشار لجان الدراسات، لجنة الدراسات 7 لقطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات – خدمات العلوم**

من الممكن تحديد أي حدث من خلال ثلاثة إحداثيات مكانية وإحداثي زمني واحد، في حين يتعين تحديد الوقت بطريقة معيارية ومتزامنة في جميع أنحاء العالم بمنتهى الدقة. وجدول التوقيت هو في الأساس مجموعة من النقاط المرتبة والمرقمة على جدول تبعاً لذلك.

واليوم، تستخدم أربعة جداول للتوقيت بدرجة أكبر أو أقل:

- **UT1** — التوقيت العالمي
- **ET** — توقيت التقويم الفلكي
- **TAI** — التوقيت الذري الدولي
- **UTC** — التوقيت العالمي المنسق

> *يتعين تحديد الوقت بطريقة معيارية ومتزامنة في جميع أنحاء العالم بمنتهى الدقة.*
>
> فاديم نوزدرين

ويحدَّد التوقيت العالمي أو **UT1** من خلال مراقبة دوران الأرض. فهو يتناسب مع زاوية دوران الأرض حول محورها. ويتم اختيار معامل التناسب بحيث إن 24 ساعة في التوقيت العالمي تقارب متوسط مدة يوم واحد، ويحدَّد الطور بحيث تقابل الساعة الصفرية بالتوقيت العالمي منتصف الليل عند خط الزوال في غرينيتش، المملكة المتحدة.

وتُفهم الثانية بالتوقيت العالمي على أنها جزء واحد من 400 86 جزء ("1" /"86 400") من متوسط يوم شمسي. وحتى عام 1960، كانت الثانية بالتوقيت العالمي تساوي ثانية واحدة في النظام الدولي للوحدات (SI).

وكان التوقيت العالمي، الذي تقوم بحسابه والحفاظ عليه الهيئة الدولية المعنية بدوران الأرض والنظم المرجعية (IERS – الهيئة الدولية المعنية بدوران الأرض سابقاً)، جدول التوقيت المرجعي المقبول عالمياً حتى عام 1972.

ومع ذلك، فقد أثبت علماء الفلك أن السنة المدارية – التي تُفهم على أنها الفاصل بين مرورين متعاقبين للشمس عبر الاعتدال الربيعي – توفر فترات زمنية أكثر استقراراً من يوم. وبعبارة أخرى، يُضبط الوقت على نحو أدق باستخدام حركة الأرض المدارية حول الشمس بدلاً من استخدام دوران الأرض.

ويحدَد توقيت التقويم الفلكي أو **ET** باستخدام قيمة متوسط خط الطول للشمس. وتم تعيينه بحيث كاد التوقيت العالمي وتوقيت التقويم الفلكي يتطابقان في عام 1900.

يحدَّد التوقيت العالمي أو **UT1** من خلال مراقبة دوران الأرض.

*ويحدَّد التوقيت العالمي أو UT1 من خلال مراقبة دوران الأرض.*

Keystone/SPL/Detlev Van Ravensway

وتحدَّد الثانية في توقيت التقويم الفلكي على أنها جزء من 31 556 925,9747 جزءاً ("1" /"31 556 925,9747" ) من السنة المدارية في 31 ديسمبر 1899 (أو في الساعة 12 بتوقيت التقويم الفلكي في 0 يناير 1900 من جانب المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)). وقد استُخدمت كوحدة للثانية في النظام الدولي للوحدات (SI) في السنوات من 1960 إلى 1967.

ويعتمد التوقيت الذري الدولي أو **TAI**، بخلاف جدولي التوقيت السابقين، على فترة زمنية تحددها ظاهرة فيزيائية. ويقوم المكتب الدولي للتوقيت (Bureau international de l'heure - BIH) بتنسيق هذا المعيار الزمني من خلال الميقاتيات الذرية التي تعمل في المختبرات الوطنية في جميع أنحاء العالم.

ومنذ عام 1967، صارت الثانية الذرية وحدة النظام الدولي للوحدات. وهي تعرَّف على أنها مدة 9 192 637 770 دوراً من الإشعاع المقابل للانتقال بين مستويين فائقي الدقة في الهيكل الأساسي لذرة السيزيوم-133.

واتُفق رسمياً على أن يتطابق التوقيت الذري الدولي مع التوقيت العالمي عند نقطة البداية في 1 يناير 1958. ومنذ ذلك الحين، يقوم بتحديد التوقيت الذري القسم المعني بالتوقيت في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (Bureau international des poids et mesures – BIPM)، الذي يجمع ويعالج التوقيتات التي تضبطها زهاء 450 ميقاتية ذرية موجودة في 85 بلداً.

ومع ذلك، سرعان ما ظهرت فكرة توحيد مختلف جداول التوقيت لزيادة الدقة. وأدى ذلك إلى اعتماد معيار زمني عالمي جديد ومنسق بدءاً من عام 1972.

ويحدَّد التوقيت العالمي المنسق أو **UTC** من خلال نظام المعادلات التالي:

$$\mathbf{UTC(t) - TAI(t) = \mathit{n}\ s}$$

(حيث n عدد صحيح، وحالياً n=34 s)

$$\mathbf{|UTC(t) - UT1(t) < 0.9\ s|}$$

ولكن تغيرات سرعة دوران الأرض تؤدي إلى تباعد بين التوقيت العالمي (UT1) والتوقيت الذري الدولي (TAI). وفي هذه الحالات، يمكن أن تقرر الهيئة الدولية المعنية بدوران الأرض والنظم المرجعية (IERS) تنظيم الثانية فيما يتعلق بالانحراف المتوقع بين جداول التوقيت. ووفقاً لذلك، تضاف – أو ربما تُطرح – الثواني الكبيسة في نهاية كل شهر.

*واتُفق رسمياً على أن يتطابق التوقيت الذري الدولي مع التوقيت العالمي عند نقطة البداية في 1 يناير 1958.*

Keystone/SPL/Detlev Van Ravensway

## إدارة الانحرافات

على الرغم من أن المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) يقوم بحساب وتوزيع جدول التوقيت المعياري بالتوقيت العالمي المنسق (UTC)، فإن بإمكان المستخدمين في جميع أنحاء العالم النفاذ إلى القيم المحلية للتوقيت العالمي المنسق من خلال المختبرات المحلية ((UTC(k)) التي يوجد منها نحو 85 مختبراً في مختلف أنحاء العالم والمنسقة مع التوقيت العالمي المنسق وفيما بينها على السواء.

وتوفر المختبرات المحلية ((UTC(k)) المعيار المرجعي في أراضيها من خلال أنظمة متنوعة. وتشمل هذه الأنظمة الإذاعة في خدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت (SFTSS) وخدمة الترددات المعيارية وإشارات التوقيت الساتلية (SFTSSS)؛ عبر سواتل الإذاعة؛ وعبر الخدمة الثابتة الساتلية وخدمة الملاحة الراديوية الساتلية وخدمة الأرصاد الجوية الساتلية؛ وأيضاً على شبكات الأرض عبر الألياف البصرية أو الكبلات المحورية.

ويؤدي الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) دوراً رئيسياً في تحديد الترددات المعيارية وإشارات التوقيت الدقيقة وتوزيعها على الصعيد العالمي. ويوصي قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد (ITU-R) بأن تتوافق جميع إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت مع التوقيت العالمي المنسق.

وينص المكتب الدولي للأوزان والمقاييس على ألا يتجاوز الانحراف الأقصى بين التوقيت العالمي المنسق وقيمه المحلية ±1 ميلي ثانية واحدة. ولأغراض الاتصالات الراديوية، يوصي قطاع الاتصالات الراديوية بهامش أضيق قدره ± 100 نانو ثانية.

> *يوصي قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد (ITU-R) بأن تتوافق جميع إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت مع التوقيت العالمي المنسق.*

Keystone/SPL/Detlev Van Ravenswaay

# جداول التوقيت

## التوقيت العالمي

التوقيت العالمي (UT) هو التسمية العامة التي تطلق على جداول التوقيت القائمة على دوران الأرض.

وفي التطبيقات التي تتطلب ضبطاً دقيقاً للوقت ولا يمكن السماح فيها باختلافات وإن كانت تعادل بعض أجزاء مئوية من الثانية، يجب توصيف الأشكال المحددة من التوقيت العالمي:

**UT0** هو الوقت الشمسي المتوسط لمستوى الزوال الأصلي الناتج عن الرصد الفلكي المباشر.

**UT1** هو الوقت UT0 بعد تصحيحه من آثار الحركات الصغيرة بالنسبة إلى محور دوران الأرض (تغير قطبي). ويتوافق الوقت UT1 مع الموقع الزاوي للأرض في الدوران اليومي، وهو الشكل الذي يوصي به الاتحاد لأغراض الاتصالات الراديوية (التوصية ITU-R TF.460).

**UT2** هو الوقت UT1 بعد تصحيحه من آثار التذبذبات الفصلية الطفيفة في سرعة دوران الأرض.

وترد تعاريف هذه المصطلحات والمفاهيم المقابلة في منشورات الهيئة الدولية المعنية بدوران الأرض والنظم المعيارية (باريس، فرنسا).

## التوقيت الذري الدولي

**TAI** (أعد المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) الجدول المرجعي الدولي للتوقيت الذري (TAI) المستند إلى الثانية المحددة في النظام الدولي (SI) على النحو المنفذ على مجسم الأرض في حالة الدوران، استناداً إلى بيانات ميقاتية توفرها هيئات متعاونة في هذا المجال. وهو جدول مستمر يعبر عنه بالأيام والساعات والدقائق والثواني، بدءاً من تاريخ إنشائه في 1 يناير 1958 (وقد اعتمده المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM) لعام 1971).

## التوقيت العالمي المنسق

**UTC** (التوقيت العالمي المنسق هو جدول التوقيت الذي يحافظ عليه المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) بمساعدة الهيئة الدولية المعنية بدوران الأرض والنظم المعيارية (IERS) والذي يشكل قاعدة النشر المنسق للترددات المعيارية وإشارات التوقيت. وعلى الرغم من أنه يتوافق تماماً من حيث السرعة مع التوقيت الذري الدولي (TAI)، فإنهما يختلفان بعدد صحيح من الثواني.

ويضبط جدول التوقيت UTC بإضافة أو طرح ثوانٍ (الثواني الكبيسة الموجبة أو السالبة) بالقدر اللازم لتأمين التوافق التقريبي مع التوقيت UT1.

*المصدر: التوصية ITU-R TF.460*

Adobe Stock

ستيفانو روفيني

سيلفانا رودريغز

# التزامن وتأثير حالات انقطاع التوقيت العالمي المنسق

**ستيفانو روفيني، المقرر المعني بالمسألة 13/15، لجنة الدراسات 15 لقطاع تقييس الاتصالات، وسيلفانا رودريغز، مهندسة أنظمة رئيسية أولى، هواوي**

التزامن الدقيق أمر أساسي لتشغيل شبكات الاتصالات على نحو فعّال.

أصبح التزامن أكثر أهمية من أي وقت مضى في شبكات الجيل الخامس اليوم وسيكون أكثر أهمية في شبكات الاتصالات المتنقلة المستقبلية، حيث تدعم التكنولوجيات الراديوية الناشئة ومعماريات الشبكات حالات الاستعمال متزايدة الطلب مثل التوصيل الشبكي الحساس زمنياً للمركبات المؤتمتة أو التحكم في الروبوتات في المصانع الذكية.

## التزامن الزمني

تتضمن مراجع التزامن الزمني في الاتصالات أحياناً جداول توقيت متواصلة، على عكس جداول التوقيت التي تستعمل الثواني الكبيسة.

ويضم قطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد (ITU-T – أحد القطاعات الثلاثة للاتحاد الدولي للاتصالات) فريق خبراء يُعنى بالأداء من حيث تزامن الشبكات وتوزيع إشارات التوقيت (في إطار المسألة 13 للجنة الدراسات 15 لقطاع تقييس الاتصالات).

وتتطلب التطبيقات التي تُناقَش في إطار المسألة 13/15 عموماً جداول توقيت متواصلة. وتستند متطلبات الأداء ذات الصلة، في الواقع، إلى إشارة توقيت مرجعية مثالية متواصلة (مثلاً عندما يعبّر عنها من حيث القياسات المحددة في التوصيتين G.810 وG.8260 لقطاع تقييس الاتصالات بالاتحاد).

## أنواع التزامن

يمكن تطبيق أنواع مختلفة من التزامن في الاتصالات:

- **تزامن التردد** – أحداث مهمة تحدث على نفس التردد.
- **تزامن الطور** – أحداث مهمة تحدث في نفس اللحظة.
- **التزامن الزمني** – أحداث مهمة تحدث في نفس اللحظة وتتشارك في جداول توقيت وحقبة زمنية مشتركة.

ويتبع تزامن التردد عادة التوقيت العالمي المنسق (UTC)، المعروف أيضاً بجدول التوقيت المرجعي الدولي. وتشير ملاحظة في التوصية G.810 لقطاع تقييس الاتصالات، على سبيل المثال، إلى ما يلي:

*"التردد المرجعي لتزامن الشبكة هو التردد الذي يولد جدول التوقيت في التوقيت العالمي المنسق."*

## جدول توقيت متواصل لتزامن التردد

إن استخدام جدول توقيت متواصل أمر مهم بالنسبة للتطبيقات التي تستعمل تزامن التردد حيث يمكن أن تؤثر قفزات الطور تأثيراً سلبياً على الأداء.

ويصدق هذا الأمر أيضاً على حالة التزامن الزمني. وفي الواقع، فإن المتطلبات التي تُناقَش حالياً في إطار المسألة 13/15 مستمدة أساساً من مواصفات مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP)، حيث يكون استخدام جدول توقيت متواصل مطلوباً بشكل صريح.

> *"التزامن الدقيق أمر أساسي لتشغيل شبكات الاتصالات على نحو فعّال."*
>
> ستيفانو روفيني وسيلفانا رودريغز

**G.810: تعاريف ومصطلحات شبكات التزامن**

**G.8260: تعاريف ومصطلحات التزامن في شبكات الرزم**

> *"إن استخدام جدول زمني متواصل أمر مهم بالنسبة للتطبيقات التي تستعمل تزامن التردد حيث يمكن أن تؤثر قفزات الطور تأثيراً سلبياً على الأداء."*

وأحد الأمثلة على ذلك هو المواصفة TS 38.401 التي تنص على ما يلي:

*"... وقت متواصل بدون ثوانٍ كبيسة قابل للتتبع إزاء المرجع الزمني المشترك لجميع العقد gNB في منطقة البث الأحادي المتزامن بإرسال مزدوج بتقسيم الزمن. وفي حالة عدم عزل منطقة البث الأحادي المتزامن بإرسال مزدوج بتقسيم الزمن، يجب أن يكون المرجع الزمني المشترك قابلاً للتتبع إزاء التوقيت العالمي المنسق (UTC)."*

gNB = العقدة B للتكنولوجيا الراديوية الجديدة من الجيل الخامس

TDD = إرسال مزدوج بتقسيم الزمن

## مخاطر التداخل مع المحطات القاعدة غير المتزامنة

يمكن إرسال إشارات الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن (TDD) في الوصلة الصاعدة أو الوصلة الهابطة وفقاً لتوزيع محدد للفواصل الزمنية. ويتطلب ذلك إمكانية تتبع التوقيت العالمي المنسق لتنسيق إرسال بداية الأرتال الراديوية بين المحطات القاعدة المتجاورة، وبالتالي منع التداخل، أو في أسوأ الحالات، توقف الخدمة.

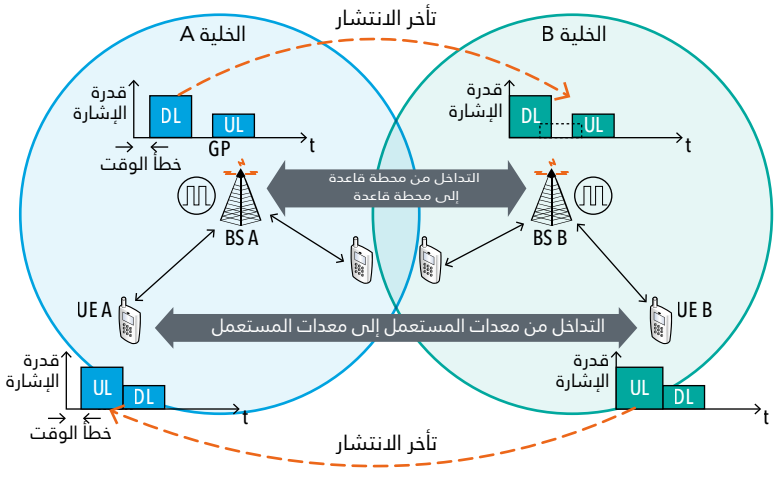
ويمكن حدوث تداخل من محطة إلى محطة قاعدة في حالة عدم تزامن المحطات القاعدة بشكل صحيح، وتجاوز خطأ تزامن الوقت بعض الحدود المحددة مسبقاً. (انظر الشكلين أدناه للاطلاع على مثال يتعلق بتبديل الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة.)

وتشير التوصية G.8271 الصادرة عن الاتحاد في التذييل VI (جوانب التزامن الزمني في أنظمة الاتصالات المتنقلة العاملة بأسلوب الإرسال المزدوج بتقسيم الزمن) إلى ما يلي:

*"نظراً إلى متطلبات مشروع 3GPP لجدول توقيت متواصل، يمكن أن يستفيد التنفيذ الفعلي في هذه الحالة من محتوى معلومات التوقيت العالمي المنسق الموزعة التي لا تتأثر بالثواني الكبيسة، مثل توقيت النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) في الحالة التي يُحمل فيها المرجع بواسطة إشارة نظام عالمي لتحديد الموقع."*

*"أصبح جدول التوقيت للنظام العالمي لتحديد الموقع مستخدماً على نطاق واسع في تطبيقات الاتصالات باعتباره جدول التوقيت الوحيد الخالي من الثانية الكبيسة المتاح عالمياً."*

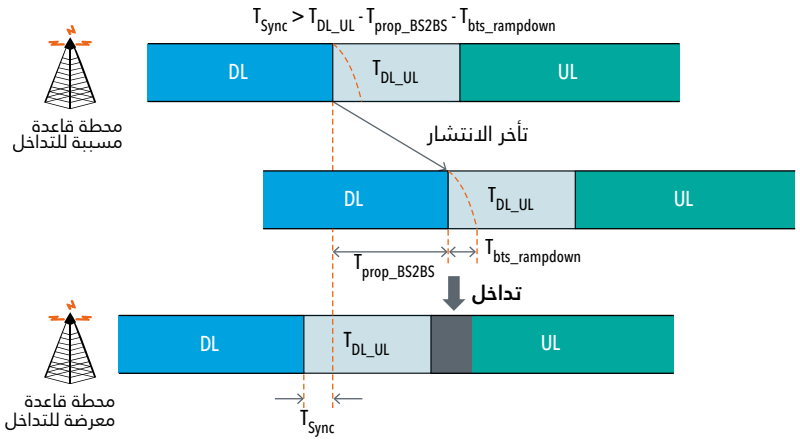
### نظرة عامة على مخططات التداخل في أنظمة تعدد الإرسال بتقسيم الزمن




BS: محطة قاعدة DL: وصلة هابطة GP: نظام عالمي لتحديد الموقع UE: معدات المستعمل UL: وصلة صاعدة

*المصدر: التذييل 6، الشكل VI.2/G.8271*

**التداخل من محطة قاعدة إلى محطة قاعدة في نقطة التبديل بين الوصلة الهابطة والوصلة الصاعدة**




BS: محطة قاعدة DL: وصلة هابطة GP: نظام عالمي لتحديد الموقع UE: معدات المستعمل UL: وصلة صاعدة

*المصدر: التذييل 6، الشكل VI.5/G.8271*

## توقيت النظام العالمي لتحديد الموقع بدون ثوانٍ كبيسة

أصبح جدول التوقيت للنظام العالمي لتحديد الموقع (GPS) مستعملاً على نطاق واسع في تطبيقات الاتصالات باعتباره جدول التوقيت الوحيد الخالي من الثانية الكبيسة المتاح عالمياً.

وتتفادى حلول GPS الحالية اضطرابات الميقاتية من خلال الاستفادة من جداول التوقيت والمعلومات التي لا تتضمن الثواني الكبيسة. ويعتمد جدول التوقيت لبروتوكول التوقيت الدقيق (PTP)، على سبيل المثال، على التوقيت الذري الدولي (TAI) أو توقيت GPS.

وفيما يتعلق بالتطبيقات التي تتطلب معلومات معيارية عن "ساعة اليوم" (مثلاً من أجل الشحن وختم الوقت للإنذارات، وما إلى ذلك)، قد يلزم أيضاً استرداد توقيت GPS. ويجب أن تكون هذه التطبيقات جاهزة لمعالجة "قفزة الوقت" العرَضية المفاجئة.

## توقيت عالمي منسق بدون ثوانٍ كبيسة

يمكن أن تستفيد الاتصالات من تدابير لتحديد توقيت عالمي منسق متواصل بدون ثوان كبيسة إضافية – أو حيثما تجرى تعديلات دورية على مدى فترات طويلة بما فيه الكفاية لتجنب التأثير على التشغيل العادي للشبكة.

*"يمكن أن تستفيد الاتصالات من تدابير لتحديد توقيت عالمي منسق متواصل بدون ثوان كبيسة إضافية."*

Adobe Stock

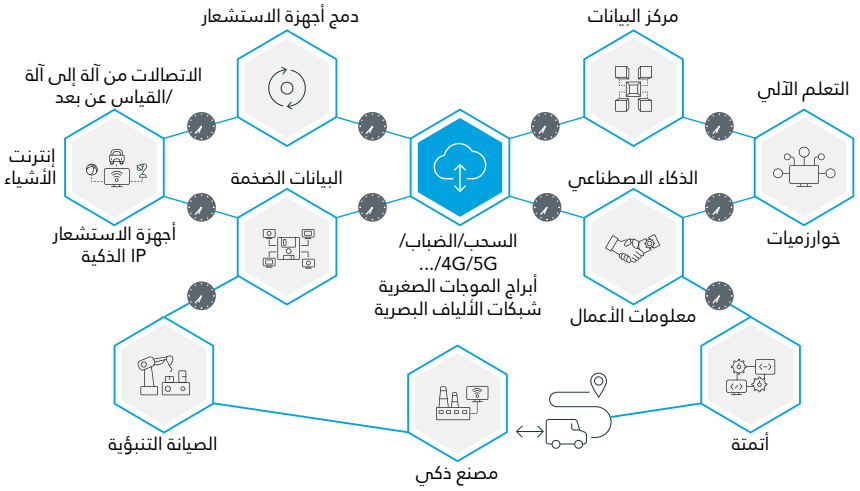
# تأثير التوقيت العالمي المنسق على الصناعة 4.0

## توماس ويدومسكي، المؤسس المشارك لشركة Elproma

يعتمد الاقتصاد العالمي على النظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS)، الذي يوفر مرجع التوقيت العالمي المنسق (UTC) للبنية التحتية الحديثة الهامة في جميع أنحاء العالم.

> *يعتمد الاقتصاد العالمي على النظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS)، الذي يوفر مرجع التوقيت العالمي المنسق (UTC) للبنية التحتية الحديثة الهامة في جميع أنحاء العالم.*
>
> توماس ويدومسكي

### سلسلة التوريد العالمية




*المصدر: ITFS 2020*

وتشمل هذه البنية التحتية الشبكات الذكية الموزعة، وشبكات الاتصالات من الجيل الخامس، وأنظمة التحكم في الحركة، والمركبات المستقلة. وتدعم الخدمات الإذاعية والأسواق المالية والمدن الذكية، بالإضافة إلى أنظمة الصناعة 4.0 التي يجري نقلها إلى الحوسبة السحابية.

## تحديات الثانية الكبيسة بالنسبة للصناعة 4.0

تؤثر الطبيعة غير المتواصلة للتوقيت العالمي المنسق، والتي تتطلب إضافة ثانية كبيسة بشكل دوري، على جميع البلدان وعلى جميع قطاعات كل اقتصاد. وتطرح مشكلة خاصة للاستقرار والأمن السيبراني في الصناعة 4.0، والصناعات والخدمات الحديثة التي تعتمد على معمارية نظام موزع.

والمشاكل المتعلقة بالثانية الكبيسة قائمة منذ سنوات. بيد أن الأتمتة المتزايدة بشكل كبير والترابط الوثيق بين أنظمة الصناعة 4.0 بأكملها أديا إلى الحاجة إلى التعليق العاجل للثواني الكبيسة في المستقبل.

وهذا الوضع معقد بسبب الافتقار إلى معايير خدمة تتعلق بالثانية الكبيسة، وضعف الحوار بين أوساط تكنولوجيا المعلومات (IT) وأوساط قياس التوقيت، وتنوع عمليات تنفيذ مستقبلات النظام العالمي للملاحة الساتلية، واختلاف نهج تقديم الخدمات بين الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية مثل النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) ونظام Galileo والنظام العالمي للملاحة الساتلية (GLONASS) ونظام BeiDou، والأنظمة الإقليمية مثل النظام الإقليمي الهندي للملاحة الساتلية (IRNSS).

## سيناريوهات الاضطراب

يمكن أن تشمل المشاكل الناشئة عن إضافة ثوانٍ كبيسة إلى التوقيت العالمي المنسق ما يلي:

1. **الاختلافات الزمنية** في الأنظمة الموزعة، حيث يتم تحديد صلاحية البيانات بالفرق بين أختام التوقيت لجهاز الاستشعار عن بُعد ومخدِّم الاستقبال المحلي للإدارة المركزية. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى قبول بيانات غير صالحة (تأخير محسوب بشكل خاطئ) وبالتالي إلى الصيانة التنبؤية الخاطئة للصناعة 4.0. وستتزايد هذه المخاطر مع الاعتماد المتزايد للتوصيل الشبكي الحساس زمنياً (TSN) والحوسبة المنسقة زمنياً (TCC) وفي المستقبل، التوصيل الشبكي منخفض الكمون.

2. **أعطال البرمجيات الثابتة** لإنترنت الأشياء (IoT) وأجهزة تكنولوجيا المعلومات القائمة على أنظمة التشغيل Windows أو Linux أو Unix. ولكل جهاز استشعار أو جهاز يُنتج اليوم برمجيات ثابتة تعتمد على أحد هذه الأنظمة. وتعتبر الذرى الزمنية غير المتوقعة الناجمة عن الثانية الكبيسة خطرة على استقرار نواة نظام التشغيل. فهي تسبب اضطرابات في التسلسل الزمني للأحداث منخفضة المستوى التي تحكم إدارة التزامن وعمليات النظام منخفضة المستوى. ويمكن أن يؤدي عدم التطابق في التسلسل الزمني إلى "هلع النواة" وهو خطأ حاسوبي لا يمكن لنظام التشغيل التعافي منه بسرعة أو بسهولة.

> *أدى الترابط الوثيق بين أنظمة الصناعة 4.0 بأكملها إلى الحاجة إلى التعليق العاجل للثواني الكبيسة في المستقبل.*

وفي مثل هذه السيناريوهات، يمكن أن تؤدي الثانية الكبيسة في التوقيت UTC إلى أثر متسلسل واسع النطاق، مما يسبب انقطاعات في أنظمة الطاقة الكهربائية والاتصالات فضلاً عن تعطيل السكك الحديدية ومراقبة الحركة الجوية وأتمتة عملية الصناعة 4.0.وستحدث هذه الأعطال عاجلاً أم آجلاً ما لم يوضع تعليق الثانية الكبيسة موضع التنفيذ.

## مخاطر الصناعة

نواجه اليوم احتمال أن تكون الثانية الكبيسة المستقبلية سلبية في التوقيت العالمي المنسق للمرة الأولى في التاريخ. وفي بيئة عمل إنتاج الصناعة 4.0، ستكون هذه التجربة خطيرة.

وعلى الرغم من أن الثانية الكبيسة في التوقيت UTC هي الخطر الرئيسي، فإنها ليست الخطر الوحيد على الصناعة 4.0. ومنذ إصدار أول جهاز استقبال GPS تجاري في تسعينيات القرن العشرين، تم نشر مئات الملايين من أجهزة الاستقبال GNSS التجارية واستخدامها كمراجع للتوقيت UTC. ومع ذلك، يحسب كل منها التوقيت UTC بشكل مختلف بفارق جزء من الثانية، بسبب الاختلافات في الخوارزميات الداخلية واعتماداً على كوكبة GNSS الحالية التي تستخدمها هذه الأجهزة.

وتعتمد الدقة في مزامنة التوقيت UTC أيضاً على الظروف الجوية وجودة تركيب الهوائي وحالات التداخل والأمن السيبراني، بما في ذلك التشويش/الانتحال فيما يخص النظام GNSS. ويخضع كل ذلك أيضاً لخطر حدوث أخطاء داخلية في النظام GNSS (مثل الخطأ GPS SVN23 بفارق 13,5 ميكروثانية (µs) في يناير 2016)، أو تجاوزات مثل تجاوز أرقام الأسبوع للنظام GPS كل 19,7 عاماً.

وثمة كوكبات GNSS أخرى غير كاملة أيضاً.

## التزامن من أجل الأمن السيبراني

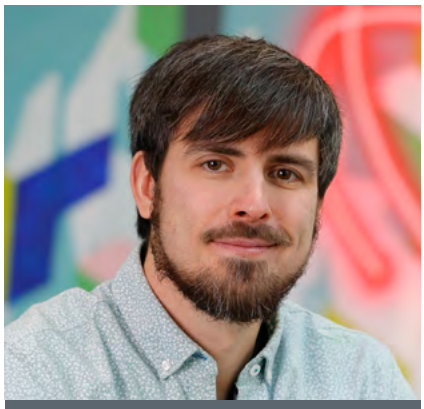
من الواضح أننا بحاجة إلى تغيير نموذج الأمن، بدءاً من الاعتراف بالتزامن الزمني الدقيق باعتباره جزءاً مهماً من الأمن السيبراني للصناعة 4.0.

وخير مثال على ذلك هو الأمر التنفيذي الرئاسي الأمريكي EO 13905: تعزيز المرونة الوطنية من خلال الاستخدام المسؤول لخدمات تحديد المواقع والملاحة والتوقيت، الذي صدر في فبراير 2020. وقد فسح المجال أمام الكوكبات الساتلية التجارية الجديدة ذات المدار الأرضي المنخفض (LEO). والأهم من ذلك أنه عزز بروتوكولات تزامن الشبكات الحاسوبية مثل بروتوكول توقيت الشبكة (NTP) وبروتوكول التوقيت الدقيق (PTP) وكلاهما ينشر التوقيت UTC من معاهد المقاييس الوطنية.

وبينما صُمم بروتوكول توقيت الشبكة بشكل فطري لاستخدام التوقيت UTC، يمكن لبروتوكول التوقيت الدقيق أن يعمل باستخدام أي جدول توقيت، بما في ذلك مكافئ التوقيت الذري الدولي (TAI) المتماسك.

> *نحن بحاجة إلى تغيير نموذج الأمن، بدءاً من الاعتراف بالتزامن الزمني الدقيق باعتباره جزءاً مهماً من الأمن السيبراني للصناعة 4.0 .*

Adobe Stock


أوليغ أوبلوخوف

أحمد بياغوي

# التزامن الزمني في مراكز البيانات

**أوليغ أوبلوخوف، مهندس إنتاج، شركة Meta وأحمد بياغوي، باحث، شركة Meta**

يكتسي التزامن الزمني أهمية بالغة بالنسبة لجميع التطبيقات البرمجية تقريباً في مراكز البيانات. ويُستخدم التوقيت لربط وترتيب الأحداث المتزامنة بين ملايين المخدمات.

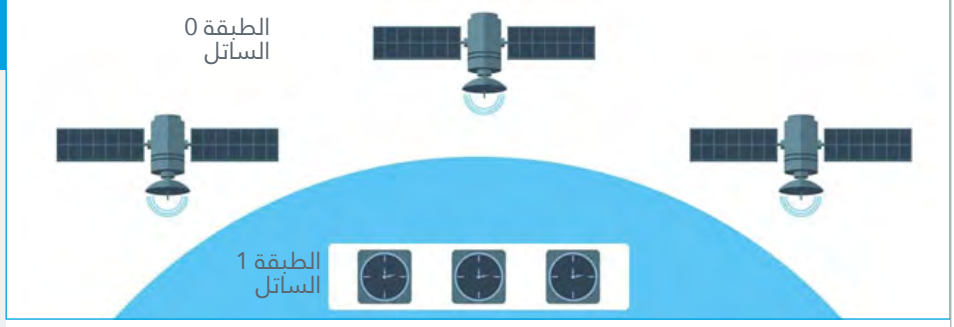
وفي مجال الأمن، يعدّ التوقيت الموثوق به أمراً ضرورياً لانتهاء صلاحية التخزين المؤقت وإلغائها، وللشهادات قصيرة الأجل، ولكشف التسلل. ويساعد التزامن الزمني المهندسين على ربط مدخلات السجلات حيث يستخدم غالباً التوقيت العالمي المنسق (UTC).

وبما أن معدل المعاملات يزداد باستمرار، يمكن أن تتسبب الفروق الزمنية حتى لو كانت جزءين فقط من الثانية في حدوث مشاكل خطيرة. وبالتالي، فإن كيفية وصول الوقت إلى مركز البيانات وانتشاره في هذا المركز أمر بالغ الأهمية.

## الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية

هناك طرق مختلفة لنشر الوقت الدقيق لمراكز البيانات. وفي كثير من الحالات، يبدأ الأمر باستقبال إشارة ترددات راديوية من كوكبات النظام الساتلي الوطني العالمي (GNSS) مثل الأنظمة GPS وGLONASS وGalileo وBeiDou عبر أجهزة خاصة تسمى أجهزة التوقيت.

**تمثيل تخطيطي للتفاعل بين سواتل GNSS وأجهزة التوقيت**




*المصدر: أوليغ أوبلوخوف وأحمد بياغوي، شركة Meta*

نظراً إلى عدم الانتظام في دوران الأرض، يختلف الفرق باستمرار بين التوقيت الذري الدولي (TAI) المتزايد بشكل روتيني والتوقيت العالمي المنسق، ليصل في النهاية إلى حد ±500 ملي ثانية. وحالياً، فإن الخدمة الدولية لدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) مسؤولة عن إدخال أو طرح ثانية كبيسة واحدة لتصحيح التوقيت العالمي المنسق.

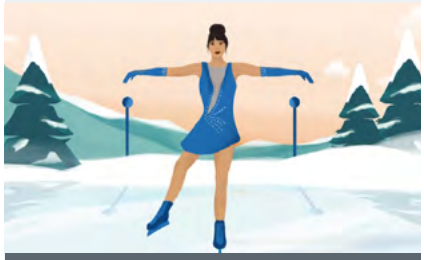
ويزداد الأمر تعقيداً بسبب تنفيذ كل كوكبة توقيت التشغيل الخاص بها وخطوات تحويل إضافية إلى التوقيت العالمي المنسق. فعلى سبيل المثال، يحتوي التوقيت GPS على تخالف ثابت يبلغ 19 ثانية عن التوقيت الذري الدولي، بينما يعتمد النظام GLONASS على التوقيت العالمي المنسق.

وغالباً ما يمتد هذا التعقيد إلى أجهزة التوقيت وكما هو الحال مع أي أجزاء متحركة أخرى، فإنه يتسبب أحياناً في مشاكل.

## أجهزة التوقيت مفتوحة المصدر

كجزء من مشروع الحوسبة المفتوحة لشركة Meta، بدأنا مسار عمل في إطار مشروع أجهزة التوقيت مفتوحة المصدر المخصص لتطوير أجهزة التوقيت مفتوحة المصدر. وأردنا تحرير الصناعة من الحلول مسجلة الملكية وتيسير تحقيق الشفافية وتقليل تكلفة أجهزة التوقيت بشكل كبير.

> *يكتسي التزامن الزمني أهمية بالغة بالنسبة لجميع التطبيقات البرمجية تقريباً في مراكز البيانات.*
>
> أوليغ أوبلوخوف وأحمد بياغوي



**هل حان الوقت لترك الثانية الكبيسة في طيات الماضي؟**

اقرأ المقال.

أثناء تنفيذ برمجية أجهزة التوقيت مفتوحة المصدر، كان علينا التعامل مع منطق معقد يتضمن كوكبات مختلفة ومؤشرات الثانية الكبيسة للحصول على التوقيت الذري الدولي. وقمنا بنشر مقال شامل يوضح بالتفصيل نهجنا ودوافعنا وعملية استحداث جهاز التوقيت الخاص بنا.

بمجرد مزامنة جهاز التوقيت، نكون مستعدين لنشر الوقت في شبكة بتبديل الرزم.

## بروتوكول توقيت الشبكة

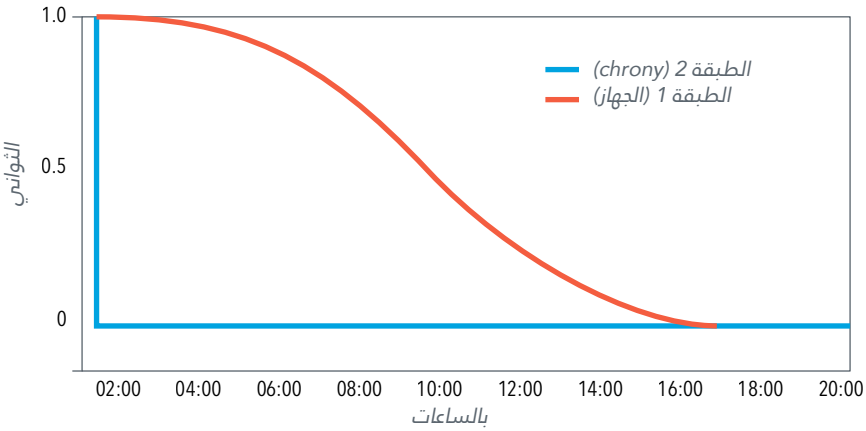
يعدّ بروتوكول توقيت الشبكة (NTP) أحد أكثر أنواع التزامن الزمني شيوعاً في مراكز البيانات. وهو تكنولوجيا موثوقة للغاية ومجربة ومختبرة. وتعتمد معظم المخدمات وأجهزة المستعمل النهائي في العالم على بروتوكول مزامنة الشبكة للحفاظ على دقة الوقت.

وفي Meta، نقوم بتشغيل بروتوكول NTP متطور منخفض الارتعاش، ونتحقق منه باستمرار باستخدام معدات توقيت محددة ودقيقة للغاية. ويسمح بروتوكول NTP بمزامنة موثوقة بمئات الميكروثانية مع نافذة من عدم اليقين تقل عن 100 ميللي ثانية.

وهذا يترك خيارين للتعامل مع حدث الثانية الكبيسة وهما تعديل الميقاتية أو التمديد.

ومن المعروف أن التعديل يسبب مشاكل، مما يجعل التمديد (تقنية توزيع الوقت على مدى ساعات لحساب الثواني الكبيسة) الخيار المفضل في معظم الحالات. وتسمح لنا معدّاتنا بقياس تأثير التمديد بهدف تقليل ثانية كبيسة واحدة إلى بضع وحدات نانوثانية (انظر الشكل).

### التخالف عن "الوقت الفعلي"




تمديد الثانية الكبيسة على مدى 17 ساعة

المصدر: أوليغ أوبلوخوف وأحمد بياغوي، شركة Meta

### بعض العناصر اللازمة لاستحداث جهاز توقيت

OCP Tioga Pass

NVIDIA Mellanox ConnectX-6 Dx

بطاقة التوقيت Facebook

المصدر: أوليغ أوبلوخوف وأحمد بياغوي، شركة Meta

وانطلاقاً من هذه القياسات، نعرف أن حجم التعديلات يمكن أن يصل إلى عشرات الميكروثانية لكل ثانية – وهو ما يكفي لإحداث خلل في البرنامج ما لم يتم استخدام ميقاتية رتيبة. وهذا يضع ضغطاً إضافياً على أفرقة الهندسة لدينا وغالباً ما يسبب مشاكل في أجزاء مختلفة من البنية التحتية.

ويتم الشعور بضغوط مماثلة عبر الصناعة الرقمية. وفي ضوء هذه الصعوبات، لا نتطلع إلى أول ثانية كبيسة سلبية على الإطلاق.

## بروتوكول دقة التوقيت

على الرغم من أن بروتوكول توقيت الشبكة مناسب الآن لمعظم تطبيقات المستعملين، نجد أن من الصعب بل ومن المستحيل استخدامه في أنظمة التخزين الموزعة، حيث تتطلب التطبيقات الصعبة ضمانات أكثر صرامة.

وهذا هو السبب في أن شركات مثل Meta تنشر حلول تزامن إضافية مثل بروتوكول دقة التوقيت – مما يقلل نافذة عدم اليقين إلى بضع وحدات نانوثانية.

وهذا المستوى من الدقة يجعل من المستحيل ببساطة تمديد ثانية كبيسة دون مخاطرة. ولذلك، يُستخدم بروتوكول دقة التوقيت بشكل أساسي مع التوقيت الذري الدولي. وعندما يكون التحويل إلى التوقيت العالمي المنسق مطلوباً، يجب أن يتم بشكل منفصل بالنسبة لكل عميل، مما ينطوي على تقليل نافذة عدم اليقين بعدة مرات.

## لقد آن الأوان

نؤيد قرار المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) بإنهاء العمل بالثانية الكبيسة بحلول عام 2035.

وسيتباعد التوقيت العالمي المنسق الثابت ببطء عن التوقيت الشمسي المرصود، لكنه سيعزز استقرار الأنظمة الحيوية. وسيكون تصحيح الساعة الكبيسة أو التوقيت الصيفي مرة كل بضعة آلاف من السنين نهجاً أكثر أماناً واستدامة للجميع.

> *نؤيد قرار المكتب الدولي للأوزان والمقاييس بإنهاء العمل بالثانية الكبيسة بحلول عام 2035.*

# برنامج مركز التوقيت الوطني في المملكة المتحدة

**هيلين مارغوليس، رئيسة قسم العلوم المعني بالوقت والتردد، المختبر الوطني للفيزياء، المملكة المتحدة**

يُطلق على الوقت أحياناً اسم الأداة غير المرئية. ونعتمد على إشارات توقيت متزايدة الدقة للحفاظ على الخدمات الحيوية مثل الاتصالات وشبكات الكهرباء والخدمات المصرفية والنقل.

ومع ذلك، فإن العديد من المنظمات لا تدرك اعتمادها على التوقيت أو لا تفهم المصدر الذي يأتي منه التوقيت.

## الاعتماد المفرط على الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية

تأتي إشارات التوقيت في معظم الحالات من الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS). ولكن هذه الإشارات ضعيفة، ما يجعلها قابلة للتأثر من التشويش أو انتحال الهوية، أو من تداخل طبيعي ناجم عن ظاهرة من قبيل العواصف الشمسية. وتشكل قابلية التأثر هذه، إلى جانب قلة الوعي بمدى اعتماد البنية التحتية الحرجة على الأنظمة GNSS، خطراً كبيراً.

> *نعتمد على إشارات توقيت متزايدة الدقة للحفاظ على الخدمات الحرجة مثل الاتصالات وشبكات الكهرباء والخدمات المصرفية والنقل.*
>
> هيلين مارغوليس

في المملكة المتحدة (UK)، تم الحديث عن هذا الخطر في استعراض Blackett لعام 2018 (”التوقيت والموقع المستمدان من السواتل: دراسة التبعيات الحرجة“) وأضيف إلى السجل الوطني للمخاطر في عام 2020. وأوضح الاستعراض والسجل على السواء ضرورة اتخاذ خطوات لزيادة القدرة على الصمود أمام انقطاع الأنظمة GNSS، بما يشمل اعتماد أنظمة احتياطية عند الاقتضاء.

## النظام UTC(NPL) - مصدر بديل للتوقيت

يحتفظ المختبر الوطني للفيزياء (NPL)، بصفته المعهد الوطني لعلم القياس في المملكة المتحدة، بجدول التوقيت UTC(NPL) – التنفيذ الوحيد للتوقيت العالمي المنسق (UTC) في المملكة المتحدة – وينشره على المستعملين.

ومع ذلك، فإن خدماتنا الحالية محدودة سواء من حيث الدقة التي يمكن أن توفرها أو من حيث مداها الجغرافي. فإشارة توقيت إذاعة MSF وخدمة توقيت الإنترنت غير دقيقة نسبياً، وفي الوقت نفسه لا تتوفر خدمتنا NPL*Time*® القائمة على الألياف البصرية والخاصة بالقطاع المالي سوى في منطقة محدودة من المملكة المتحدة.

وسعياً إلى الوفاء بمتطلبات المستعملين المتزايدة والحد من الاعتماد المفرط على الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية في البنية التحتية الوطنية الحرجة، يقود المختبر الوطني للفيزياء برنامجاً لتعزيز البنية التحتية للتوقيت وقدراته بشكل كبير في جميع أنحاء المملكة المتحدة.

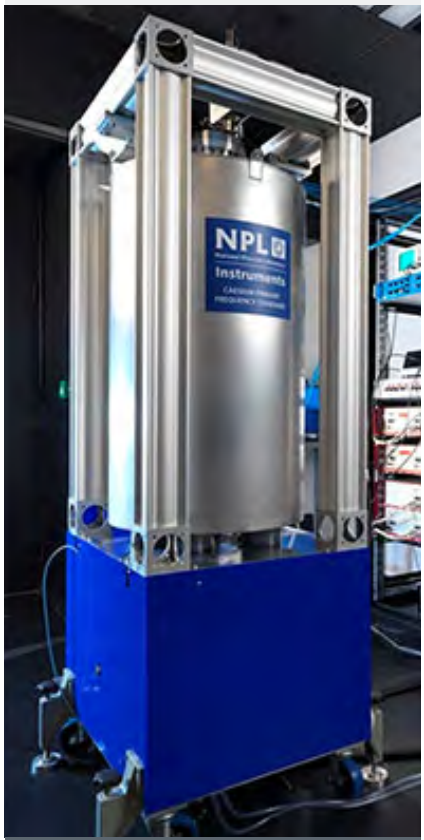
## برنامج مركز التوقيت الوطني

يتمحور هذا البرنامج حول إنشاء جدول توقيت جديد وأكثر مرونة من شأنه أن يصبح، فور اعتماده بالكامل، مصدر التوقيت UTC(NPL).

وهذا البرنامج مصمم في شكل شبكة تتكون من أربعة مواقع موزعة جغرافياً ومرتبطة فيما بينها. وسيحتوي كل موقع على العديد من ميزرات الهيدروجين (باعثات الموجات الكهرمغنطيسية)، إلى جانب معدات قياس الإشارات المصاحبة وتوجيه الترددات وتوزيعها، ما يسمح بتنفيذ العديد من حالات تنفيذ جداول التوقيت. وستحافظ وصلات نقل إشارات التوقيت بين المواقع على مواءمة جميع حالات تنفيذ جداول التوقيت مع جدول التوقيت المعين UTC(NPL)، وذلك باستخدام أساليب متعددة لضمان المرونة.

وسيتم توجيه التوقيت UTC(NPL) نفسه لإبقائه ضمن تخالفات الوقت والتردد المحددة للتوقيت العالمي المنسق، بمساعدة معايير أولية لنافورة السيزيوم ضمن الشبكة. وسيكون الانتقال بين مختلف حالات تنفيذ جداول التوقيت ممكناً عند الضرورة سواء في الموقع نفسه أو في مواقع مختلفة. ويجري العمل على تطوير برمجية لرصد تشغيل البنية التحتية الجديدة والتحكم فيها وأتمتتها.

> *سعياً إلى الوفاء بمتطلبات المستعملين المتزايدة والحد من الاعتماد المفرط على الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية في البنية التحتية الوطنية الحرجة، يقود المختبر الوطني للفيزياء برنامجاً لتعزيز البنية التحتية للتوقيت بشكل كبير.*




نافورة سيزيوم تم إنشاؤها في المختبر الوطني للفيزياء by NPL

اطلع على المزيد.

## تحفيز الابتكار

إشارات التوقيت والترددات المستخدمة في جدول التوقيت UTC(NPL) القائم الخاص بنا متاحة أيضاً للمستعملين من الدوائر الصناعية والأوساط الأكاديمية من خلال عُقد الابتكار الجديدة الموجودة في جامعات Strathclyde وSurrey وCranfield.

وفي إطار شراكة مع وكالة Innovate UK، نعمل على دعم البحث في مجال توليد إشارات التوقيت والترددات ونشرها وتطبيقاتها، وكذلك تحفيز تطوير سلسلة توريد صناعية. ويمكن أن تكون عُقد الابتكار الثلاث، التي تستخدم أساليب مختلفة لنقل إشارات التوقيت والترددات من أجل ربطها بالتوقيت UTC(NPL)، نموذجاً للبنية التحتية المستقبلية للتوزيع في المملكة المتحدة.

## جدول توقيت مستمر من أجل عالم رقمي

تم تصميم جدول التوقيت الجديد للمملكة المتحدة، بالطبع، للتعامل مع الثواني الكبيسة وفقاً للمعايير الدولية. وهذا يعني أنه سيتيح القدرة على نشر معلومات الثواني الكبيسة على عُقد نفاذ المستعملين. ولكن بروتوكولات النشر لا تتعامل دائماً بشكل صحيح مع الثواني الكبيسة، وتشكل إمكانية حدوث ثانية كبيسة سلبية – وهو أمر لم يحدث قط من قبل – خطراً آخر على المرونة.

ولهذه الأسباب، يرى أصحاب المصلحة الرئيسيون في المملكة المتحدة أن الانتقال إلى توقيت عالمي منسق متواصل بدون ثوان كبيسة يوفر المسار الأفضل إلى جدول توقيت دقيق ومرن يدعم الاقتصاد الرقمي الحديث.

## الرؤية المستقبلية

يتمثل طموحنا على المدى الطويل في إنشاء شبكة أساسية عالية الدقة لإشارات التوقيت والترددات تمتد على طول البلد. وستوفر الفروع المنبثقة عن هذه الشبكة الأساسية مجموعة من الخدمات بمستويات أداء مختلفة، بعضها عبر الألياف البصرية، وبعضها باستخدام تكنولوجيات الإذاعة.

وستكون كل هذه الإشارات قابلة للتتبع وفقاً للتوقيت UTC(NPL) باعتباره أعلى نقطة مرجعية داخل المملكة المتحدة. والهدف من ذلك هو توفير توقيت مرن يمكن للمستعملين الوثوق به – أياً كانوا وحيثما وُجدوا.

*يتمثل طموحنا على المدى الطويل في إنشاء شبكة أساسية عالية الدقة لإشارات التوقيت والترددات تمتد على طول البلد.*

يوتينغ لين

يوانزي يانغ

بياجيو سون،

# النظام الساتلي للملاحة BeiDou والثانية الكبيسة للتوقيت العالمي المنسق (UTC)

**يوتينغ لين، كبير المهندسين، في مركز بيجين للملاحة الساتلية؛ ويوانزي يانغ، زميل باحث، في مختبر الدولة الرئيسي لهندسة المعلومات الجغرافية؛ وبيجياو سون، مهندس في مختبر الدولة الرئيسي لهندسة المعلومات الجيولوجية، الصين**

تعد خدمة التوقيت المستمرة والمستقرة والدقيقة مطلباً أساسياً للتنمية الاقتصادية والاجتماعية الوطنية. واليوم، تدعم أنظمة الملاحة الساتلية أسلوب خدمة التوقيت المستعمَلة على أوسع نطاق، فتقدم أعلى درجة من الدقة وأوسع تغطية.

## نظام التوقيت BeiDou

أصبح النظام العالمي للملاحة الساتلية BeiDou (BDS) جزءاً حيوياً من هذه البنية التحتية لضبط التوقيت، مع وصول جيله الثالث (BDS-3) إلى الاكتمال بالإطلاق النهائي للسواتل في عام 2020. وتضم كوكبة نظام BDS الآن 45 ساتلاً عاملاً، بما فيها 15 ساتلاً من سواتل BDS-2 و30 ساتلاً من سواتل BDS-3، تقدم خدمات المستعمل بشكل مشترك. وتتفوق دقة توقيتها على فاصل 20 نانو ثانية، بما يمثل مستوى ثقة بنسبة 95 في المائة.

ويلتزم النظام العالمي للملاحة الساتلية (BDS)، في توقيته المرجعي، بتوقيت نظام الملاحة الساتلية BeiDou (BDT) الذي يستعمل ثانية النظام الدولي للوحدات (SI) لتحقيق التراكم المستمر بدون ثوان كبيسة.

وبدأت الحقبة الأولى لتوقيت الملاحة الساتلية BeiDou (BDT) عند الساعة 00:00:00 في 1 يناير 2006 بالتوقيت العالمي المنسق (UTC). ويتعلق توقيت BDT بالتوقيت العالمي المنسق (UTC) ويديره مختبر التوقيت المحلي في الصين، مع الإبقاء على التخالف بين توقيت BDT والتوقيت العالمي المنسق في حدود 50 نانو ثانية (بمقاس ثانية واحدة). وتَبث رسالة الملاحة (NAV) التصويبات المتعلقة بالثانية الكبيسة بين توقيت BDT والتوقيت العالمي المنسق.

ومنذ عام 1972، جرى تحديث التوقيت العالمي المنسق (UTC) 27 مرة بالثواني الكبيسة الموجبة، وكان آخرها في 31 ديسمبر 2016. وفي الوقت الحاضر يبلغ الفرق بين التوقيت العالمي المنسق والتوقيت الذري الدولي (TAI) 37 ثانية.

## تأثير الثواني الكبيسة على أنظمة BeiDou

تؤثر الثانية الكبيسة على مستعملي أنظمة BeiDou الذين يعتمدون توقيت نظام الملاحة الساتلية BeiDou (BDT) بدلاً من التوقيت العالمي المنسق (UTC)، سواء بالنسبة لتزامن التوقيت أو لتحديد قياسات المدار أو معالجة البيانات أو غير ذلك من الأغراض.

وفي حين تتولى الأنظمة الفضائية مسؤولية استقبال وإعادة إرسال معلمات الثانية الكبيسة، فإن أنظمتها لا تتأثر بالثواني الكبيسة.

وتقدم أنظمة الملاحة الساتلية خدمات التوقيت للبنية التحتية الحرجة مثل القدرة الكهربائية والاتصالات والتمويل. ونظراً للحاجة الماسة إلى استمرارية التوقيت، فإن المعالجة المتكررة للثواني الكبيسة لن تؤدي إلى تشغيلها بأمان.

وتقوم الأنظمة القائمة على الأرض حالياً بمعالجة الثانية الكبيسة وبثها عبر رسالة الملاحة (NAV) إلى مستعمليها. ومع ذلك، يفرض توليد هذه المعلمات وإدراجها عبئاً، إلى جانب مخاطر الحسابات في النظام التشغيلي.

وتوقيت خرج مستقبِل النظام العالمي للملاحة الساتلية (BDS) بعد استقبال إشارة الساتل هو التوقيت العالمي المنسق. وهذا يعني أن المستقبِل يجب أن يأخذ في الاعتبار معلمات تصحيح الثواني الكبيسة وأن يصحح فارق التوقيت.

وفي حال إلغاء الثواني الكبيسة، سيثبَّت تخالف التوقيت (أو العدد الصحيح للثواني) بين توقيت نظام الملاحة الساتلية BeiDou (BDT) والتوقيت العالمي المنسق مسبقاً في الأنظمة على أنه ثابت راسخ. ومن شأن ذلك أن يبسط تشغيل النظام وتطبيقه، وأن يحسِّن استقرار النظام، وأن يكون أكثر ملاءمة للتوافق وقابلية التشغيل البيني لأنظمة الملاحة الساتلية العالمية المتعددة.

> *تعد خدمة التوقيت المستمرة والمستقرة والدقيقة مطلباً أساسياً للتنمية الاقتصادية والاجتماعية الوطنية.*
>
> يوتينغ لين، يوانزي يانغ، وبياجيو سون،

> *في حين تتولى الأنظمة الفضائية مسؤولية استقبال وإعادة إرسال معلمات الثانية الكبيسة، فإن أنظمتها لا تتأثر بالثواني الكبيسة.*

## مقترحات إصلاح التوقيت العالمي المنسق (UTC)

أدى التأثير والمخاطر الناشئة عن تنفيذ هذه التعديلات إلى تزايد الدعوات إلى إصلاح التوقيت العالمي المنسق وإلغاء الثواني الكبيسة. وقد أحيل موضوع "مستقبل التوقيت العالمي المنسَّق" إلى الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) لمناقشه في وقت مبكر يرجع إلى عام 1999.

وفي ذلك الوقت، اقترح ممثل الصين على الاتحاد الدولي للاتصالات مواصلة دراسة هذه المسألة واتخاذ قرار بشأنها بعد أن تتضح الإيجابيات والسلبيات. وواصلت البلدان والمنظمات ذات الصلة بعد ذلك مناقشة الثانية الكبيسة في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015، حيث تقرر عدم إدخال أي تغييرات على التوقيت العالمي المنسق قبل عام 2023.

وفي هذه المرحلة، أدى تقدم العلم والتكنولوجيا إلى حاجة ملحة لإصلاح التوقيت العالمي المنسق (UTC).

ولذلك يجب أن تؤخذ ثلاث نقاط رئيسية في الاعتبار:

1. **ينبغي أن يكون التوقيت العالمي المنسق في المستقبل** أكثر استمراراً واستقراراً ودقة. وكمعيار زمني عالمي للاقتصادات والمجتمعات المتطورة، ينبغي تكييفه بشكل أفضل مع احتياجات المستعملين والتطور الجاري للعلوم والتكنولوجيا.

2. **تدعو الحاجة إلى طول ثانية جديد** بهدف استيعاب الفارق بين طول الثانية الذرية المحدد بالتوقيت العالمي المنسق وطول الثانية الفيزيائي الناجم عن عدم انتظام دوران الأرض. وسيغني ذلك عن الحاجة إلى ثانية كبيسة لمدة 10 000 سنة. وقبل دخول طول الثانية الجديد حيز النفاذ بالطبع، ينبغي منح المستعملين الوقت الكافي لتقييم أنظمتهم وبرمجياتهم الحالية بشكل شامل وتحديثها لتجنب المخاطر التشغيلية المحتملة.

3. **ينبغي الحفاظ بشكل ما على صلة التوقيت العالمي المنسق (UTC) بالتوقيت العالمي 1** (أو التوقيت العالمي (UT1) القائم على دوران الأرض). ولا يزال التوقيت العالمي 1 (UT1) يسود في بعض المجالات والصناعات، مثل علم الفلك والجيوديسيا واستكشاف الفضاء، على سبيل المثال لا الحصر. ولذلك، لا بد من النظر أيضاً في احتياجات هؤلاء المستعملين وحلها.

> *"أدى تقدم العلم والتكنولوجيا إلى حاجة ملحة لإصلاح التوقيت العالمي المنسق."*

Adobe Stock/NASA

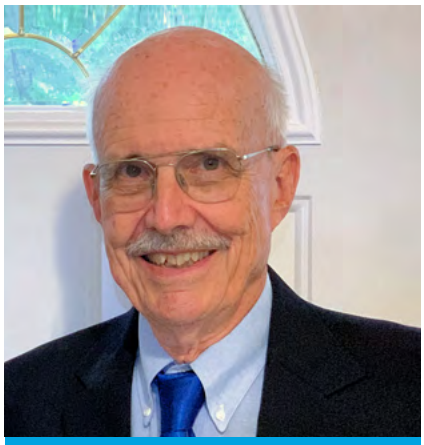
# التأثير العملي على علم الفلك

## دينيس مكارثي، ممثل الاتحاد الفلكي الدولي في اللجنة الاستشارية للتوقيت والتردد والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIM)

ستتأثر التطبيقات الفلكية التي تستعمل التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق (UTC) للنفاذ إلى التوقيت العالمي UT1 — التوقيت العالمي على أساس دوران الأرض – بأي تغيير في تعريف التوقيت العالمي المنسق

وتُوصف زاوية دوران الأرض في نظام مرجعي سماوي بالزاوية UT1. ويضمن التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق أن يظل الفرق بين التوقيت UT1 والتوقيت UTC (أي UTC-UT1) أقل من 0,9 ثانية، مما يتيح سهولة النفاذ إلى التوقيت UT1 من خلال التوقيت UTC فيما يخص تلك التطبيقات التي لا تحتاج إلى دقة عالية.

وإذا أُعيد تعريف التوقيت العالمي المنسق، فقد تضطر التطبيقات التي تستخدم التوقيت العالمي المنسق حالياً كتمثيل منخفض الدقة للتوقيت UT1 إلى تغيير استراتيجيتها وتحديث برمجياتها الأساسية وإطلاع مستعمليها على هذه التغييرات. وأي تغيير في تعريف التوقيت العالمي المنسق يمكن أن يشكل أيضاً مصدر قلق بين منتجي ومستخدمي البيانات الفلكية.



*ستتأثر التطبيقات الفلكية التي تستخدم التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق للنفاذ إلى التوقيت UT1 بأي تغيير في تعريف التوقيت العالمي المنسق.*

دينيس مكارثي

تشمل هذه التطبيقات ما يلي:

- التلسكوبات الأرضية والهوائيات والأدوات الأخرى الموجهة في اتجاهات محددة؛
- البرمجيات والتطبيقات الفلكية التي تقوم على التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق؛
- البيانات الفلكية في التقويمات والمواقع الإلكترونية التي تستخدم التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق؛
- توفير القيم والمعلمات المرصودة أو المتوقعة لوصف اتجاه الأرض بالنسبة إلى الأنظمة المرجعية الفلكية.

> *"أي برمجيات وتطبيقات حالية تفترض أن يكافئ التوقيت UTC بشكل أساسي التوقيت UT1 قد تتطلب التعديل."*

## تسديد التلسكوبات الأرضية والهوائيات والأدوات

إن تطبيقات التسديد الفلكي التي تتطلب التوقيت UT1 بدقة أفضل تحصل الآن على التقديرات الحالية والمتوقعة للفرق "UTC-UT1" من الإنترنت، أو من النظام GPS أو النظام BeiDou لتلبية احتياجاتها.

غير أن التعريف الحالي للتوقيت العالمي المنسق لا يسمح باختلاف قيم الفارق UTC-UT1 بأكثر من تسعة أعشار من الثانية. وإذا تغيرت هذه القيمة، فقد يتعين تعديل الكثير من البرمجيات القائمة للسماح بمزيد من الأرقام في الفارق UTC-UT1.

ومع ذلك، إذا تم تلبية الاحتياجات التشغيلية الحالية للتلسكوبات بالنسبة للتوقيت UT1 بدقة التوقيت UTC الحالية، فمن المفترض أن يُستوفى شرط الدقة نفسه في حدود ±1 ثانية في الفارق UTC-UT1، وفي هذه الحالة، قد تكون التعديلات البرمجية ضئيلة.

ومن المتوقع أن تكون هذه المشكلات قابلة للحل مع مهلة زمنية كافية للتنفيذ عند تطبيق تعريف جديد للفارق UTC-UT1.

## البرمجيات والتطبيقات الفلكية

وعلى غرار ذلك، فإن أي برمجيات وتطبيقات حالية تفترض أن يكافئ التوقيت UTC بشكل أساسي التوقيت UT1 قد تتطلب التعديل مما يسمح للتصحيحات بتضمين قيم الفارق UTC-UT1. ومن المتوقع أن تلبي التقديرات التقريبية الحالية والمتوقعة للفارق UTC-UT1 المستمدة من الإنترنت وكذلك من النظام GPS أو النظام BeiDou هذه الحاجة، ولكن قد تتطلب البرمجيات والإجراءات ذات الصلة التعديل.

ومرة أخرى يمكن حل هذه المشكلات بمهلة زمنية كافية.

## البيانات الفلكية في التقويمات والمواقع الإلكترونية

يتم حساب التقويمات الفلكية (الجداول التنبؤية لمواقع الكواكب أو المذنبات أو السواتل) والتنبؤات بالظواهر الفلكية باستخدام جدول توقيت متواصل مستقل عن دوران الأرض. وبالتالي، لن تتأثر هذه الحسابات بأي تغيير في تعريف التوقيت UTC. ومع ذلك، قد تعتمد المعلومات الناتجة على التوقيت UTC كتوقيت مرجعي.

ولا يمكن التنبؤ بالتعديلات على التوقيت UTC ولا يتم الإعلان عنها إلا قبل أشهر فقط من تنفيذها. ويمكن أن تصبح التقويمات الفلكية للتواريخ المستقبلية على مدى فترات زمنية أطول خاطئة بسبب تعديلات التوقيت UTC غير المتوقعة على طول المسار.

وبالتالي، ستستفيد التقويمات الفلكية المعبّر عنها بالتوقيت UTC من إزالة تعديلات الثانية الكبيسة التي تسهم في خطأ التنبؤ في الفارق UTC-UT1. وفي الواقع، سيزول احتمال حدوث هذا الخطأ.

## توفير قيم مرصودة ومتوقعة للفارق UTC-UT1

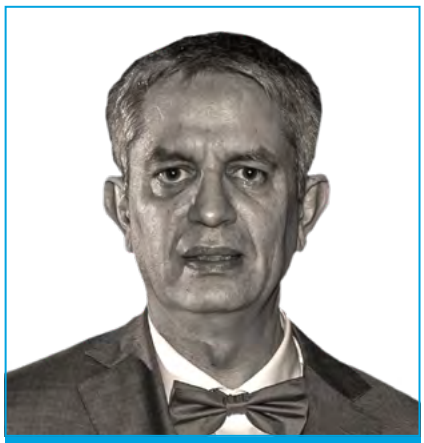
إن الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)، التي أنشأها الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) والاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء (IUGG)، مسؤولة عن توفير القيم المرصودة والمتوقعة للفارق UTC-UT1. وبهذه الصفة، فهي مسؤولة عن الإعلان عن تعديلات الثانية الواحدة على التوقيت UTC المعروفة باسم "الثواني الكبيسة".

وقد تسمح التغييرات المقترحة في تعريف التوقيت العالمي المنسق بفارق أكبر من 0,9 ثانية بين التوقيت UT1 والتوقيت UTC. ومن ثم سيتغير دور الخدمة IERS، الذي يركز حالياً على الإعلان عن الثواني الكبيسة. ومع ذلك، من المرجح أن تؤدي إعادة التعريف المقترحة للتوقيت العالمي المنسق إلى زيادة أهمية أنشطة الخدمة IERS، مع تجديد التركيز على توفير بيانات الفارق UTC-UT1، وربما حتى على أساس الوقت الفعلي.

وباختصار، سيكون لإعادة تعريف التوقيت UTC بالتأكيد تأثير على الجهود الفلكية. ولكن من شأن مهلة زمنية كافية أن تسمح للمجتمع الفلكي بالتكيف مع هذا التأثير دون أي تعطيل في الإجراءات الحالية.

> *قد تسمح التغييرات المقترحة في تعريف التوقيت العالمي المنسق بفارق أكبر من 0,9 ثانية بين التوقيت UT1 والتوقيت UTC.*

Adobe Stock



# نشر التوقيت: منظور تاريخي

## كريستيان بيزوار، عالم فلك، مرصد باريس (SYRTE) ومركز توجه الأرض لدى الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)

يعد نشر التوقيت القائم على دوران الأرض، والمحدد بمتوسط التوقيت الشمسي ($t$) لمستوي الزوال المرجعي، ممارسة قديمة تطورت بتطور التكنولوجيات وتطبيقاتها.

ففي وقت مبكر من القرن الثامن عشر، تحقق نشر التوقيت من خلال الميقاتيات الميكانيكية التي مكّنت الضبط المتنقل للوقت عبر مسافات طويلة، لا سيما في البحر. وقد سهَّلت هذه الميقاتيات حساب دوران الزوال الرئيسي بالنسبة إلى توقيت غرينتش الفلكي (GST). ومن ثم يمكن للطالع المستقيم لجرم سماوي ($\alpha$) في مستوي الزوال المحلي أن يحدد خط الطول لمستوي الزوال المحلي [$\alpha - GST(t)$]، مما يتيح المزيد من الدقة في الملاحة والخرائط.

وفي القرن التاسع عشر، أصبح نشر التوقيت بالغ الأهمية لجداول مواعيد السكك الحديدية. وأدى تنامي التجارة والاتصالات الدولية إلى اعتماد توقيت غرينتش الشمسي في عام 1884 باعتباره التوقيت العالمي (UT). ومع ذلك، لم تكن الميقاتيات من صنع الإنسان مستقرة بما يكفي لكي تتزامن مع توقيت دوران الأرض، وكان لا بد من ضبطها على التوقيت العالمي من خلال الرصدات الفلكية كل بضعة أيام.

وفي أوائل القرن العشرين، بدأت خدمات راديوية مختلفة حول العالم تبث في المناطق الزمنية المحلية بالنسبة للتوقيت العالمي. وفي عام 1912 بدأ المكتب الدولي للتوقيت (BIH - *Bureau international de l'heure*) في مرصد باريس بجمع البيانات للحفاظ على التوقيت العالمي.

> *في وقت مبكر من القرن الثامن عشر، تحقق نشر التوقيت من خلال الميقاتيات الميكانيكية.*
>
> كريستيان بيزوار

## عدم انتظام التوقيت العالمي

أدى اختراع ميقاتية الكوارتز إلى تغيير قواعد اللعبة في ثلاثينات القرن الماضي، وكشف عدم انتظام التوقيت العالمي، باختلاف موسمي يقارب 20 مللي ثانية (ms). وأكدت المقارنات التقويمية الفلكية تذبذبات إضافية تصل إلى خمس ثوانٍ في التوقيت العالمي على مدى فترات متعددة العقود.

واستناداً إلى سجلات الكسوف الشمسي القديمة، يزداد طول اليوم على المدى الطويل بمعدل 1,8 مللي ثانية في السنة التقويمية، مما يتسبب في انخفاض مكافئي في التوقيت العالمي على النحو المسجَّل خلال فترات كبيرة.

وبحلول خمسينيات القرن الماضي، أمكن إقران مذبذب الكوارتز بمرنان ذري لتعزيز استقرار التوقيت.

وأفضى الدليل الناتج على عدم الاستقرار في دوران الأرض إلى التمييز بين التوقيت الفلكي التقليدي (UT1) والتوقيت العالمي الأكثر استقراراً الذي تحدده الميقاتيات الذرية. واعتُمد التوقيت الذري الدولي (TAI) للأغراض العلمية في عام 1958. وبعد ثلاث عشرة سنة أصبحت ثانية التوقيت الذري الدولي هي المعيار الزمني المقبول على نطاق واسع لكل النشاط البشري.

## مواءمة التوقيت الذري مع التوقيت الفلكي التقليدي (UT1)

في عام 1972، أصبح التوقيت العالمي المنسق (UTC) الأساس المقبول على نطاق واسع لضبط التوقيت الدولي. والتوقيت العالمي المنسق (UTC) مستقر كاستقرار التوقيت الذري الدولي (TAI)، إلا أنه ينزاح أحياناً ثانية واحدة لمواءمة الواقع الفلكي، أو لكي يبقى في حدود 0,9 ثانية من التوقيت الفلكي التقليدي (UT1).

وعلى النقيض من ذلك، زحف التوقيت الذري الدولي (TAI) غير المضبوط متقدماً على التوقيت الفلكي التقليدي (UT1) بنحو 27 ثانية منذ عام 1972.

وبالتالي، يحافظ التوقيت العالمي المنسق على توفيق مستمر بين استقرار ضبط التوقيت الذري وواقع أيام وليالي كوكب الأرض.

وفي عام 1987، أصبحت الأنشطة الفلكية للمكتب الدولي للتوقيت (BIH) جزءاً من الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض (IERS)، التي تدعى الآن الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية.

ويتطلب قرار إزاحة ثانية واحدة في التوقيت العالمي المنسق مراقبة فلكية للتوقيت الفلكي التقليدي (UT1) فيما يتعلق بالتوقيت العالمي المنسق (UTC). وينشر حالياً مركز توجه الأرض لدى الخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية النشرة C كل ستة أشهر (في 1 يناير و1 يوليو)، معلناً ما إذا كانت ثانية كبيسة ستضاف إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC) في 30 يونيو أو 31 ديسمبر. وجرى ضبط التوقيت العالمي المنسق (UTC) بمقدار 27 ثانية كبيسة بين عامَي 1972 و2017، وهذا الضبط عصي على التنبؤات نظراً لاختلافات طول اليوم بعيدة الأجل على مدى عقود متعددة من الزمن.

> *أدى اختراع ميقاتية الكوارتز إلى تغيير قواعد اللعبة في ثلاثينات القرن الماضي.*

### الثواني الكبيسة

في السنوات الخمسين الأخيرة أُضيفت 27 ثانية كبيسة إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC).

## ما الذي تغير خلال التسعينيات؟

حتى تسعينيات القرن الماضي، كانت الإذاعة الراديوية للتوقيت العالمي المنسَّق تلبي احتياجات التوجيه الفلكي للملاحة، وكانت تُستكمل في بعض الأحيان بتصحيح UT1-UTC ضمن فارق 0,1 ثانية يقابل دقة قوس في المدار الاستوائي طوله 45 متراً. ولغاية يومنا هذا، ينشر مرصد باريس في النشرة D للخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS) تحديثات UT1-UTC عند الحاجة.

غير أن ظهور الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) في تسعينيات القرن الماضي جعلت دقة التوقيت السابقة من مخلّفات الماضي. إذ يجب أن يُعرف التوقيت الفلكي التقليدي (UT1) ضمن 2 ميللي ثانية على الأقل لتحديد الموضع آنياً بدقة متر واحد.

ويعتمد النظام العالمي للملاحة الساتلية (GNSS) والتقنيات الجيوديسية الفلكية الأخرى على قيم UT1-UTC المحدَدة بقياس التداخل ذي خط الأساس الطويل جداً (VLBI). وتصل قيمها التشغيلية اليومية إلى نحو 30 ميكروثانية (µs)، وفق ما هو مسجل في النشرة A للخدمة الدولية المعنية بدوران الأرض والأنظمة المرجعية (IERS)، ونُشرت القيم النهائية بدقة 7 µs بعد 20 إلى 30 يوماً في النشرة B من السلسلة IERS C04.

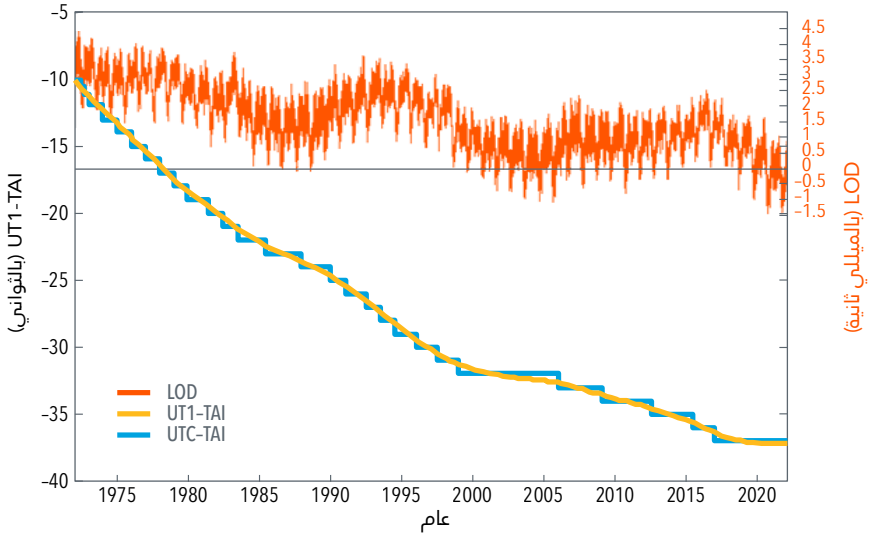
## إلغاء الثانية الكبيسة

على مدى السنوات العشرين الماضية، أصبح التزامن الوثيق بين التوقيت الفلكي التقليدي (UT1) والتوقيت العالمي المنسق (UTC) عديم المعنى إلى حدٍ كبير، ودارت مناقشات كثيرة منذ عام 2000 ترمي إلى إلغاء نظام الثانية الكبيسة.

وحتى عشرينيات هذا القرن، كان طول اليوم يفوق 86 400 ثانية بالتوقيت الذري الدولي (TAI) (انظر الشكل)، ولذلك فإن أيامنا آخذة في القِصَر، وصار متوسط ثانية التوقيت الفلكي التقليدي (UT1) أسرع بقليل من ثانية التوقيت العالمي المنسق (UTC)، وأصبح التنبؤ بالجدول الزمني للثانية الكبيسة أصعب منه في أي وقت مضى.

> *أيامنا آخذة في القِصَر، وصار متوسط ثانية التوقيت الفلكي التقليدي (UT1) أسرع بقليل من ثانية التوقيت العالمي المنسق (UTC)، أصبح التنبؤ بالجدول الزمني للثانية الكبيسة أصعب منه في أي وقت مضى.*

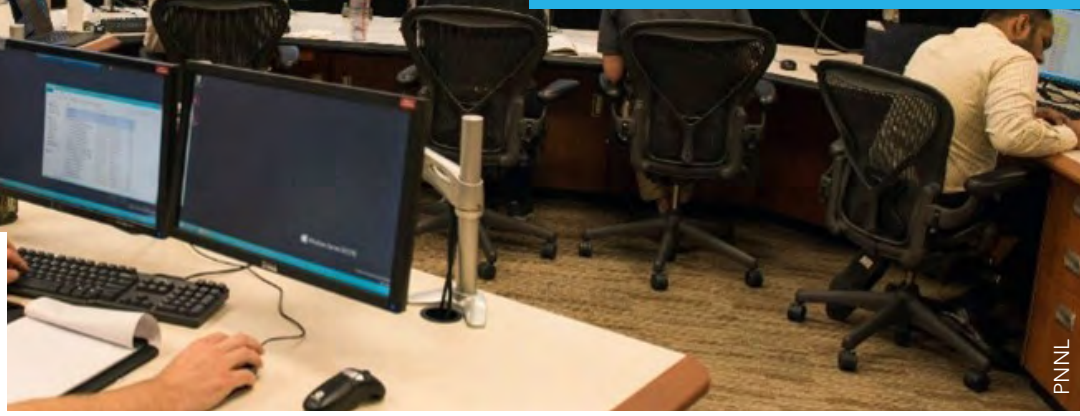
**الاختلافات في UT1 – TAI وUTC – TAI منذ عام 1972**




LOD = تخالف طول اليوم بالنسبة إلى التوقيت الذري الدولي (TAI) البالغ 86400 ثانية

وعندما يكون LOD موجباً، يتناقص الفارق UT1-TAI وعندما يكون LOD سالباً، يزداد الفارق UT1-TAI.

*المصدر: كريستيان بيزوار، مرصد باريس*



PNNL

يوفر مركز عمليات تشغيل البنية التحتية للكهرباء (EIOC) التابع للمختبر الوطني لشمال غرب المحيط الهادئ (PNNL) بيئة واقعية لمركز التحكم لأغراض التدريب واختبار التكنولوجيا المتقدمة.

# تزامن شبكات الطاقة الكهربائية

**جيف داغل، رئيس مهندسي الكهرباء، المختبر الوطني لشمال غرب المحيط الهادئ (PNNL)**

يتطلب تشغيل نظام طاقة حديث وموصول بينياً أقصى درجات الدقة. ويجب أن تظل كيانات متعددة منسقة بشكل وثيق في جميع الأوقات، بحيث تدير عدداً كبيراً من المولدات والمكونات الأخرى المتزامنة فيما بينها.

ويتتبع مشغلو النظام التوقيت باستعمال التوقيت العالمي المنسق (UTC) في مجموعة متنوعة من التطبيقات المتقدمة. ومع ذلك، فإن الأخطاء المرتكبة في قياس الوقت وتوزيعه لن تؤدي بالضرورة إلى أعطال في نظام الطاقة. ويمكن لشبكة الطاقة الكهربائية أن تعمل بدون مرجع توقيت مشترك.

ومع ذلك، فإن التطبيقات المتقدمة التي تعتمد على التوقيت الدقيق والمضبوط قد تتعرض للخلل، ما يثير مخاوف بشأن الموثوقية.

ويصف هذا المقال كيفية استعمال التوقيت الدقيق في عمليات تشغيل أنظمة الطاقة، مع التركيز بوجه خاص على دور التوقيت العالمي المنسق.

> *في العقود الأخيرة، مكن التوقيت الدقيق غير المكلف والشامل الذي توفره الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية من إجراء قياسات متقدمة.*
>
> جيف داغل

## تطبيقات مركز التحكم

تستخدم مراكز التحكم في العادة المنطقة الزمنية المحلية السائدة. ولئن كان التوقيت العالمي المنسق يُستخدم أحياناً لأغراض سجلات البيانات المؤتمتة، فإنه نادراً ما يُستخدم لأغراض الاتصالات بين البشر، بخلاف الصناعات الأخرى القائمة على الوقت الفعلي والتي تغطي مناطق زمنية متعددة (مثل التحكم في الحركة الجوية). ولذلك، فإن من المهم تحديد المنطقة الزمنية عند تبادل المعلومات بين منظمات متعددة.

والتوقيت الدقيق ضروري لتسجيل الأحداث وتنسيق الإجراءات. وفيما يتعلق بالتطبيقات التي تشمل مشغلين بشريين، يمكن ضبط شاشات العرض والأنظمة الأوتوماتية الأخرى بدقة تصل إلى الثانية الأقرب.

## توجيه المولدات

تؤدي التغيرات، سواء في إمدادات التوليد أو طلب العملاء، إلى تسريع النظام أو إبطائه، مقيساً بأعشار الهرتز (Hz) أو الأجزاء المئوية منه. وعملية إعادة توجيه التوليد هي عملية متواصلة، وعلى الرغم من أن عمل النظام بشكل صحيح يقتضي قياس التردد بدقة، فإنه لا يتطلب الإشارة إلى التوقيت.

**موازنة التوليد والحمل للحفاظ على تردد النظام في جميع الأوقات - مبينة هنا في حالة شبكة ترددها 60 Hz.**

*المصدر: المختبر الوطني لشمال غرب المحيط الهادئ (PNNL)*

## تسلسل سجلات الأحداث

عند حدوث اضطراب واسع النطاق (ما يعني عادة انقطاعاً)، يتطلب جمع معلومات الحدث دقة كافية لتحليل تسلسل الأعطال المتتالية. وبما أن أجهزة الحماية والتحكم الأوتوماتية تعمل بسرعة، يجب ضبط الأحداث الفردية بدقة في حدود الميللي ثانية لتحديد تسلسل الأحداث وإجراء تحليل للسبب الأصلي.

وعلاوة على ذلك، عندما يتجاوز الحدث منظمات متعددة، يسعى المحققون إلى الحصول على بيانات متزامنة مع مرجع زمني مشترك. فعلى سبيل المثال، تتطلب المؤسسة المعنية بموثوقية الكهرباء في أمريكا الشمالية (NERC) أن تكون هذه السجلات ضمن ms 2± عن التوقيت العالمي المنسق (UTC).

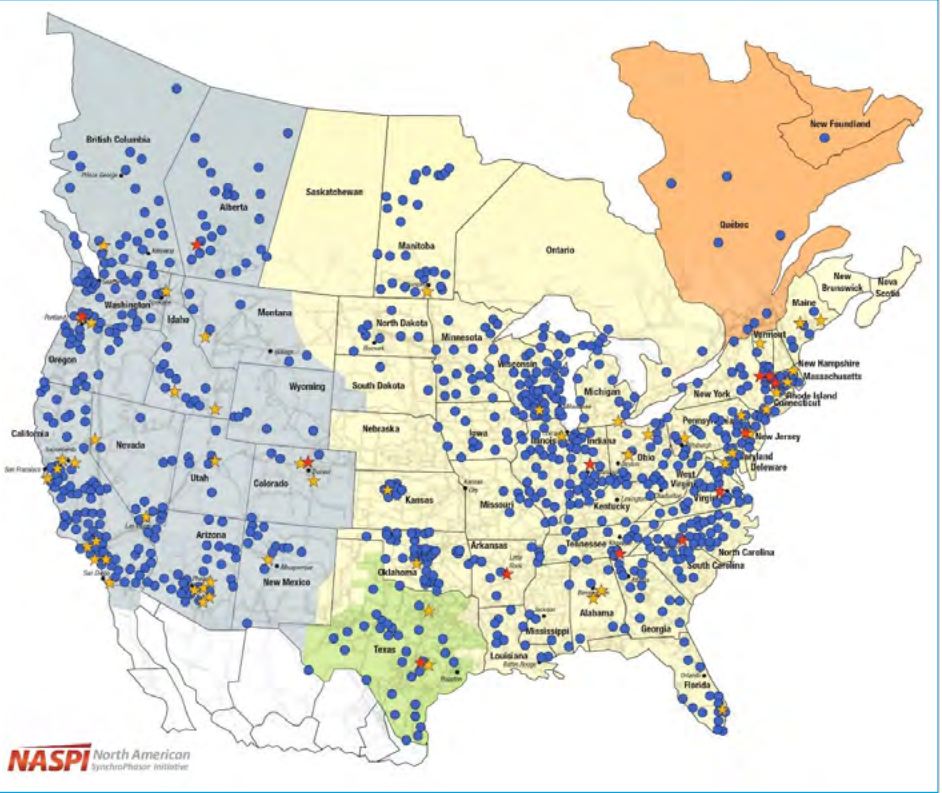
## أنظمة القياس المتقدمة

في العقود الأخيرة، مكن التوقيت الدقيق غير المكلف والشامل الذي توفره الأنظمة العالمية للملاحة الساتلية (GNSS) من إجراء قياسات متقدمة. ونُفذت في جميع أنحاء العالم وحدات قياس متجهات الطور (PMU) التي تتطلب مصدر مزامنة للوقت بدقة تفوق حدود 10 ميكروثانية (µs)؛ وحيث إن قياسات هذه الأنظمة تتقاسمها منظمات مختلفة، فقد اعتُمد التوقيت العالمي المنسق (UTC) كمرجع للتوقيت.

ويقوم عدد متزايد من المرافق بتنفيذ أنظمة القياس المتقدمة لأغراض مجموعة متنوعة من التطبيقات خارج شبكة الإنترنت وفي الوقت الفعلي. وبما أن هذه الأنظمة يتم نشرها لأغراض تطبيقات متزايدة الأهمية، فإن المتطلبات المصاحبة لتحقيق تزامن زمني أوثق تزداد أهمية أيضاً.

*معظم المعايير الهندسية الدولية التي تتطلب التزامن الزمني تحيل إلى التوقيت العالمي المنسق (UTC).*

### مواقع وحدات قياس متجهات الطور الموصولة بالشبكة في أمريكا الشمالية




- مواقع وحدات قياس متجهات الطور (PMU)
- مركّز بيانات المسؤول عن الإرسال
- مركّز البيانات على الصعيد الإقليمي

*مع إتاحة المعلومات اعتباراً من مايو 2017*

*المصدر: مبادرة North American (SynchroPhasor (NASPI والمختبر الوطني لشمال غرب المحيط الهادئ (PNNL)*

## مخططات الحماية والتحكم المتقدمة

وضعت اللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC) المعيار الدولي الناشئ لأتمتة المحطات الفرعية، IEC 61850، الذي قد يتطلب دقة تصل إلى 1µs في تطبيقات محددة. ومرة أخرى، يُستعمل التوقيت العالمي المنسق (UTC) في هذا المعيار بوصفه مرجعاً مناسباً.

وتعتمد مخططات الحماية والتحكم المتقدمة الأخرى على أساليب متقدمة للتزامن الزمني. ومن أمثلة ذلك تحديد موقع العطل في الموجات المتنقلة وحمايتها. ومن بالغ الأهمية الإشارة إلى التوقيت العالمي المنسق عند تبادل البيانات بين المنظمات أو عند دمج منتجات موردين متعددين في مخطط مشترك.

## أثر الثواني الكبيسة

يتجاوز استعمال التوقيت العالمي المنسق (UTC) كمرجع للتزامن الزمني صناعة الطاقة الكهربائية بكثير. فمعظم المعايير الهندسية الدولية التي تتطلب التزامن الزمني تحيل إلى التوقيت العالمي المنسق. ومن الضروري وجود مرجع زمني مشترك عند تبادل البيانات بين منظمات أو مواقع متعددة.

ويُضبط التوقيت العالمي المنسق أحياناً للحفاظ على التزامن مع دوران الأرض. وفي بعض الحالات، تعرضت وحدات قياس متجهات الطور (PMU) لأعطال تتعلق بالثانية الكبيسة أثناء عمليات الضبط هذه، ويرجع ذلك بوضوح إلى أوجه عدم الاتساق في التنفيذ بين الأنظمة الواردة من موردين مختلفين أو إلى عدم كفاية التصحيح من جانب المستعملين النهائيين.

وعلى الرغم من أن تنفيذ عملية إدراج الثواني الكبيسة قد يبدو عملية بسيطة، فإنه دائماً ما تُكتشف مشاكل لم يتم توقعها مسبقاً أثناء العملية.

ويمكن تجنب الثواني الكبيسة تماماً بالانتقال إلى مرجع زمني مختلف، مثل التوقيت الذري الدولي (TAI). ولكن بالنظر إلى القبول والانتشار الواسعين للتوقيت العالمي المنسق (UTC)، لم يكن هناك أي حافز لإجراء هذا التغيير.

ومن شأن الإبقاء على التوقيت العالمي المنسق كمعيار دولي مع إجراء عدد أقل من عمليات الضبط المتعلقة بالثواني الكبيسة أن يوفر قيمة كبيرة لقطاع البنية التحتية للكهرباء في المستقبل.

ولعل الانتقال إلى الدقائق الكبيسة – ومن ثم تعديل ميقاتياتنا مرة واحدة تقريباً كل قرن وليس كل سنتين — سيمثل تسوية معقولة على المدى الطويل.

> *لعل الانتقال إلى الدقائق الكبيسة - ومن ثم تعديل ميقاتياتنا مرة واحدة تقريباً كل قرن وليس كل سنتين -سيمثل تسوية معقولة على المدى الطويل.*

Adobe Stock

أندرياس باوخ

كارستن باكويتز

# التوقيت العالمي المنسق (UTC): في الماضي والحاضر والمستقبل

**أندرياس باوخ، كبير علماء، معهد علم القياس الوطني (PTB)، وكارستن باكويتز، كبير المستشارين بشأن الطيف الترددي، وكالة الشبكات الاتحادية (BNetzA)، ألمانيا**

لطالما اعتُبر، وسيظل يُعتبر، النفاذ الموثوق إلى توقيت دقيق، لا غنى عنه لحسن أداء البنية التحتية الحديثة في جميع أنحاء العالم. ويتفق معظم المستعملين ودوائر الصناعات والمنظمات، فضلاً عن خبراء التوقيت، على الحاجة إلى جدول توقيت مرجعي عالمي فريد، وقد قرر المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM) في عام 1975، وأكد مجدداً في عام 2018، توصيته باستعمال التوقيت العالمي المنسق (UTC) كجدول توقيت فريد باعتباره المرجع الدولي وأساس التوقيت المدني.

ويقدم التوقيت العالمي المنسق (UTC) مزايا كبيرة مقارنة بجداول التوقيت الأخرى:

- إذ يديره المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)، تحت سلطة المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM)، بمساهمات من مختبرات التوقيت في العديد من البلدان ومئات من الفيزيائيين وعلماء المقاييس المعنيين. وهذا يبقيه مستقلاً عن تأثير أي بلد أو سلطة سياسية أو كيان تجاري.

- في حين أن التوقيت العالمي المنسق (UTC) معترف به على نطاق واسع كمصدر عملي للتوقيت والتردد في العديد من البلدان، لا يحدد إلا القليل منها التوقيت العالمي المنسق (UTC) بالإضافة إلى الإزاحة المناسبة كتوقيت قانوني. وألمانيا هي أحد الأمثلة التي تتبع التوقيت العالمي المنسق (UTC) بإضافة إزاحة ساعة أو ساعتين إليه، حسب الموسم، وفقاً لقانون الوحدات والتوقيت منذ عام 2008.

- ويُنشر التوقيت العالمي المنسق (UTC) من خلال التقريب المحلي آنياً أو UTC(k) الذي ينفّذه معهد علم القياس الوطني (NMI) أو المعهد المعيَّن (DI) في كل بلد. ويُعهد إلى هذه المعاهد محلياً بتنفيذ ونشر التوقيت العالمي المنسق المقرَّب آنياً (UTC(k)) والتوقيت القانوني في بعض الحالات. وفي ألمانيا، ينشر المعهد التقني الفيزيائي الاتحادي (*Physikalisch-Technische Bundesanstalt - PTB*) التوقيت القانوني عبر محطة الراديو ذات التردد المعياري DCF77 بواقع 77,5 كيلوهرتز (kHz)، وأيضاً عبر شبكة الهاتف العمومية والإنترنت.

## دور الاتحاد الدولي للاتصالات في نشر إشارات التوقيت

يؤدي قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU-R) وفرقة العمل 7A التابعة له دوراً حيوياً في تقديم الأساس التقني والتنظيمي لنشر إشارات التوقيت دون انقطاع في جميع أنحاء العالم. وما زال تعريف الشفرات الزمنية الجديدة وحماية خدمات الترددات وإشارات التوقيت المعيارية من المهام المهمة والمستمرة المنوطة بفرقة العمل 7A بدعم من المنظمات الدولية المعنية.

وفي مباحثات دامت عقداً من الزمن بين جميع الأطراف المعنية، تم التوصل إلى توافق في الآراء بشأن عدم استعمال جداول توقيت بديلة كمصادر للتوقيت. وبدلاً من ذلك، ينبغي تكييف ممارسة تنفيذ التوقيت العالمي المنسق مع احتياجات القرن الحادي والعشرين.

وأجرت المؤتمرات العالمية السابقة للاتصالات الراديوية تجارب بشأن تحديث التوقيت العالمي المنسق، ونظر مؤتمر عام 2015 (WRC-15) في جدوى توفير جدول توقيت مرجعي متواصل، سواء بتعديل التوقيت العالمي المنسق أو بأسلوب آخر. وجرت هذه المناقشة في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2015 (WRC-15) وفقاً لقرار اتُّخذ في الدورة السابقة من خلال القرار **653 (WRC-12)**.

وبموجب القرار **655 (WRC-15)**، اللاحق، سيقدم مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد تقريراً إلى المؤتمر العالمي المقبل للاتصالات الراديوية لعام 2023 بشأن نتائج الأنشطة المتعلقة بالجوانب المختلفة لجداول التوقيت المرجعية الحالية والمحتملة في المستقبل، وكذلك بشأن محتوى وهيكل إشارات التوقيت التي ستنشرها أنظمة الاتصالات الراديوية.

> *يتفق معظم المستعملين ودوائر الصناعات والمنظمات، فضلاً عن خبراء التوقيت، على الحاجة إلى جدول توقيت مرجعي عالمي فريد.*
>
> أندرياس باوخ وكارستن باكويتز

> *ينبغي تكييف ممارسة تنفيذ التوقيت العالمي المنسق مع احتياجات القرن الحادي والعشرين.*

## منظور ألمانيا

دعمت عدة بلدان فرقة العمل 7A في التحضير لمناقشات المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 (WRC-23)، مثل ألمانيا، بفريق تحضيري يعمل بشكل مكثف بشأن هذا الموضوع بين عامي 2015 و2022. ورحبت ألمانيا بالتقرير النهائي المعنون، "محتوى وهيكل إشارات التوقيت التي ستنشر عن طريق أنظمة الاتصالات الراديوية والجوانب المختلفة لجداول التوقيت المرجعية الحالية والمقبلة المحتملة، بما في ذلك آثارها وتطبيقاتها في الاتصالات الراديوية" (ITU-R TF.2511)، والمقرون بمذكرة مصاحبة إلى مدير مكتب الاتصالات الراديوية بالاتحاد.

وتؤيد ألمانيا تماماً استنتاجات ومقترحات التقرير التي يرجح أن تشكل الأساس لتقرير المدير إلى المؤتمر WRC-23.

## تحديث قرار جدول التوقيت لدى الاتحاد الدولي للاتصالات

دعت إدارات عديدة، ومنها ألمانيا، إلى مراجعة القرار **655 (WRC-15)** المعنون "تعريف جدول التوقيت ونشر إشارات التوقيت عن طريق أنظمة الاتصالات الراديوية" وهذا ضروري لاستكمال العملية وتكييف التوقيت العالمي المنسق (UTC) للمستقبل.

وظهرت نتائج ودروس رئيسية بارزة من خلال المناقشات بشأن هذا الموضوع منذ عام 2012:

- يتولى المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) مسؤولية تعريف ونشر جدول التوقيت المرجعي للتوقيت العالمي المنسق (UTC) وفقاً للقرار 2 للمؤتمر العام السادس والعشرين للأوزان والمقاييس (CGPM) الذي عُقد عام 2018؛
- سيحدد المؤتمر العام للأوزان والمقاييس الجدول الزمني والحد المستقبلي للكمية UT1-UTC على النحو الوارد في القرار 4 للمؤتمر العام السابع والعشرين للأوزان والمقاييس (CGPM) في عام 2022؛
- ولا تشكل مهمة تحديد خواص التوقيت العالمي المنسق جزءاً من تنظيم الطيف في قطاع الاتصالات الراديوية.

## مواصلة الحوار المفتوح للجميع

يدعى المهتمون من المستعملين ودوائر الصناعات والمنظمات – وبالطبع خبراء التوقيت – إلى الانضمام إلى الحوار الحيوي والضروري بشأن هذه القضايا في فرقة العمل 7A. وتجري هذه المناقشة وفقاً لمذكرة التفاهم بين الاتحاد الدولي للاتصالات والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM)، ولكنها تتناول أيضاً التحديث المتوقع للقرار **655** في المؤتمر WRC-23.

> *يدعى المهتمون من المستعملين ودوائر الصناعات والمنظمات - وبالطبع خبراء التوقيت - إلى الانضمام إلى الحوار الحيوي والضروري بشأن هذه القضايا في فرقة العمل 7A.*

NASA

# التوقيت والحاجة إلى التوافق الفلكي

**القس بول غابور، نائب مدير مرصد الفاتيكان، الولايات المتحدة**

> *الدورات الفلكية هي الأساس الرمزي للوقت نفسه، كما تدركه المجتمعات البشرية وتعيشه.*
>
> القس بول غابور

يقدم *طيماوس*، أحد حوارات أفلاطون، في القسمين 37د و38ب–د، الوقت كحركة سنوية ونهارية للأجرام السماوية: "صورة متحركة للأبدية". وتتفق نصوص كلاسيكية لا حصر لها من جميع أنحاء العالم على أن الدورات الفلكية هي الأساس الرمزي للوقت نفسه، كما تدركه المجتمعات البشرية وتعيشه..

والتقويمات هي انعكاس عملي لهذا المبدأ. ويعبّر تاريخها عن الرغبة العالمية في مخططات لضبط الوقت تربط بشكل رمزي حياة الإنسان بالدورات الكونية، أي أن اليوم المدني مرتبط رمزياً باليوم الشمسي.

وتضرب الرموز بجذورها في "اللاوعي الجماعي" (لاستخدام مصطلح يونغيّ). ولذلك دعونا نسبر الأغوار ونبحث التغييرات التي تطرأ على ضبط الوقت والتي قد تؤدي إلى الأسس الرمزية للمجتمع.

## الفهم العام للعلوم

أشار تقرير عام 1985 عن الفهم العام للعلوم (الجمعية الملكية، المملكة المتحدة، المعروف أيضاً باسم "تقرير بومدر") إلى وجود انفصال بين عامة الناس والعلوم. ولمعالجة هذا الأمر، شجع التقرير البرامج في مجال التواصل العلمي والتعليم إلى جانب المشاركة العامة.

غير أن ما حدث هو أن السنوات الثماني والعشرين الأخيرة شهدت تزايداً وتعمقاً أكبر في المشاعر المناهضة للعلوم.

وتنبع الفكرة القائلة بأن التعليم وحده سيحدث تغييراً اجتماعياً من الأنثروبولوجيا الاختزالية التي كانت تجسد عصر التنوير في القرن الثامن عشر. والرأي الذي مفاده "عندما يفهم الناس الأسباب المنطقية، سيُجبرون على قبول وجهة نظر الخبراء"، يعني أن السبيل الوحيد المتاح للعقول الرشيدة هو الاتفاق مع الحجج التقنية والبراغماتية. وهناك العديد من الأبعاد غير التقنية لحياتنا، والافتراض هو أنه يمكن مناقشتها جميعاً بطريقة عقلانية.

وفي الوقت نفسه، فإن الاستعمال المشترك للرموز هو من الأواصر الراسخة التي تحافظ على تماسك المجتمع البشري. وإذا شعرنا "نحن" بأن هناك "من" يقلل من شأن "رموزنا"، تحدث نزاعات.

وكعلماء، يجب أن نتساءل عن كل شيء. وللأسف، ولّد هذا شعوراً لدى أعداد متزايدة من الناس بأن خبراء وشخصيات أخرى ذات سلطة يقوضون التقاليد الثمينة.

وبيّن النقاش العام حول جائحة كوفيد-19 عدد الأشخاص الذين يتوخون الحيطة إزاء مشورة الخبراء. ويمكن أن يكون أحد أسباب ذلك الاغتراب الاجتماعي، حيث يشعر الناس بأنهم مستبعدون من عملية اتخاذ القرار، وغرباء في عالمهم الخاص، يرتطمون بموجة تلو الأخرى من التغيير السريع والمتواصل وغير المفهوم.

## حساسية توحيد المعايير

إن توحيد المعايير المتبعة في أي مجموعة من الأنظمة والتكنولوجيات أمر منطقي وعملي. ولكن، من وجهة نظر أخرى، فإن فرض التوحيد، هو بادرة رمزية مرتبطة بالقوة والإخضاع والهيمنة.

ولهذا السبب يجب أن نتوخى الحذر بشكل مضاعف في هذا المجال. ويمكن اعتبار التغيير غير المستجيب كعدم احترام، وقد يُنظر إلى توحيد المعايير على أنه إخضاع.

"وتعمل التقويمات كحلقة وصل بين البشرية والكون."

— L. E. Doggett, "التقويمات"

*P. K. Seidelmann,) ed، ملحق توضيحي للتقويم الفلكي. كتب العلوم الجامعية، 1992، الصفحات 608-575.)*

> *كعلماء، يجب أن نتساءل عن كل شيء.*

## إعادة تأكيد التوافق الفلكي

مبدأ التوافق الفلكي أمر بالغ الأهمية في ضبط الوقت المدني لأسباب تتجاوز بكثير الأمور العملية البحتة. وعلى الرغم من أن مخططات التوقيت من قبيل الأسبوع المكون من سبعة أيام يمكن أن يكون لها مظهر غامض للخلود الأسطوري، فإن تاريخها ينم عن مستوى مذهل من المرونة — *شريطة الحفاظ على الرمزية الأساسية*.

وتعتمد الرمزية على الإدراك العام ويكتنفها الغموض نوعاً ما في علاقتها بالحقائق الدقيقة. وبالتالي، طالما أننا نتصور بشكل جماعي الوقت المدني كانعكاس للظواهر الفلكية، يمكن الحفاظ على الرمزية.

ويتيح لنا القرار 4 للمؤتمر العام الأخير للأوزان والمقاييس ( CGPM 2022) القيام بذلك. ولا يقترح فصل التوقيت المدني عن دوران الأرض بشكل نهائي. وعلى العكس من ذلك، يقدم القرار حلاً وسطاً مؤقتاً، بما في ذلك عملية لحماية التوافق الفلكي لمخططات التوقيت المدنية على المدى الطويل.

وطالما وصفنا الإجراء بأنه مؤقت وامتنعنا عن ”إلغاء“ الثانية الكبيسة أو ”إزالتها“ أو ”وقفها“، فقد منعنا هذه المسألة المحددة من زيادة عدم الارتياح العام والاغتراب.

وفي النهاية، لا أحد يستطيع الادعاء بأنه يملك حلاً ”نهائياً“. وعلاوةً على ذلك، وكما يعلمنا تاريخ التوقيت، فالحيد عن التوافق الفلكي العام لا يدوم.

## الحل الوسط القائم

إجمالاً، لا تزال آلية الثانية الكبيسة لعام 1972 التي يقوم عليها تعريف التوقيت العالمي المنسق (UTC) تمثل حلاً وسطاً جيداً بين التطبيق العملي لجدول توقيت متواصل ورمزية التوافق الفلكي. فقد ظلت سارية منذ نصف قرن، وعلى الرغم من أنها تتطلب بعض الجهود بين مختلف مجموعات مستخدمي التوقيت، فقد أثبتت تلك السنوات الخمسون من الممارسة أنه يمكننا التعامل مع الانقطاعات العرَضية لمدة ثانية واحدة.

> *أثبتت 50 عاماً من الممارسة أنه يمكننا التعامل مع الانقطاعات العرَضية لمدة ثانية واحدة.*

Adobe Stock

# العد التنازلي لعقد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023

ستجتمع الدول الأعضاء في الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) في دبي، الإمارات العربية المتحدة، في الفترة من 20 نوفمبر إلى 15 ديسمبر 2023 لحضور المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية المقبل (WRC-23).

وستكون النتائج ذات طابع محوري في تشكيل الأطر التقنية والتنظيمية المستقبلية لخدمات الاتصالات الراديوية في جميع أنحاء العالم.

ويتيح المؤتمر فرصة للدول الأعضاء في الاتحاد لتحديث لوائح الراديو – المعاهدة الدولية الناظمة لاستعمال طيف الترددات والمدارات الساتلية المرتبطة به. فلوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد الدولي للاتصالات تمكّن البلدان من إتاحة النفاذ إلى التكنولوجيات والخدمات الجديدة – مثل الأنظمة اللاسلكية الأرضية والساتلية – وفي الوقت نفسه حماية الخدمات القائمة، وضمان قدرة جميع الأنظمة الراديوية على التعايش دون تداخل ضار.

وقد فتحت الثورة الرقمية الأبواب أمام مجموعة متنوعة من التطبيقات الجديدة التي تحفز زيادة الطلب على الطيف الراديوي المحدود في العالم. وفي حالة الخدمات الفضائية، يهتم عدد متزايد من المستعملين أيضاً بالموارد المدارية المحدودة.

وفي بعض الحالات، يتطلب نمو الطلب تغييرات في الإطار التنظيمي.

## دوام التكيف والتقدم

استفادت لوائح الراديو (التي يعود تاريخها إلى عام 1906) باستمرار من التطورات التكنولوجية لجعل استعمال الطيف أكثر كفاءة وتسهيل النفاذ إلى الطيف.

والتعديلات التي أُدخلت على المعاهدة كانت دائماً:

- تتناول احتياجات **الخدمات الجديدة والقائمة**.
- تضمن **توفر الطيف في الوقت المناسب**، وكذلك الأحكام التنظيمية المقابلة.
- تحفظ فوائد **نطاقات الترددات المنسقة عالمياً**.

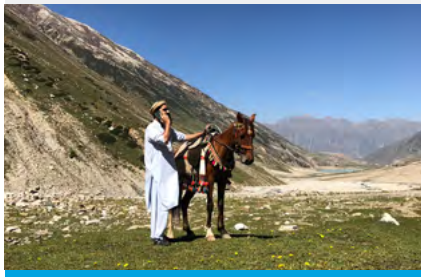
## تمهيد الطريق

يهدف الأعضاء العالميون في الاتحاد، خلال المؤتمر المقبل، إلى إيجاد حلول لإدخال تكنولوجيات جديدة، وتقديم إطار تنظيمي مستقر للشبكات الساتلية، وتيسير تحديث أنظمة الاتصالات الراديوية في العالم أجمع، وحماية الخدمات القائمة.

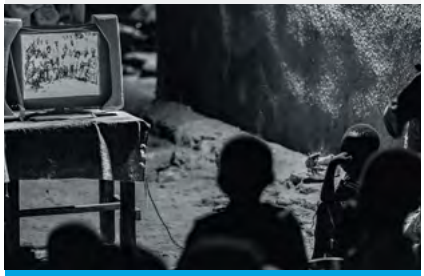
وستمهد مخرجات الاجتماع التحضيري الأخير (CPM23-2)، الذي عُقد في جنيف، سويسرا، في الفترة من 27 مارس إلى 6 أبريل، الطريق لتلك القرارات الحاسمة التي ستتخذ في المؤتمر WRC-23.

ويتضمن تقرير الاجتماع التحضيري للمؤتمر نتائج الدراسات المهمة التي أجراها قطاع الاتصالات الراديوية بالاتحاد (ITU-R) قبل انعقاد المؤتمر WRC-23، وكذلك السبل المقترحة للمضي قدماً في حل القضايا الواردة في جدول أعمال المؤتمر.

المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023: التنظيم الدولي للخدمات الساتلية | اقرأ المزيد



لماذا سيكون المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 (WRC-23) ذا طابع محوري لخدمات الأرض | اقرأ المزيد



المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023: الحفاظ على خدمات إذاعية عالية الجودة | اقرأ المزيد

المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023: التحضيرات التقنية لخدمات العلوم | اقرأ المزيد

## مقترحات مجمعة بشأن الطيف

تعد الأعمال التحضيرية الإقليمية عنصراً رئيسياً في نجاح هذا الاجتماع الذي يُعقد كل أربع سنوات برعاية الاتحاد الدولي للاتصالات لتحديث لوائح الراديو.

ويدعم مكتب الاتصالات الراديوية التابع للاتحاد، وفقاً للقرار (Rev.WRC-19) 72 ، الأعمال التحضيرية الإقليمية وبناء التوافق بين الأقاليم من خلال تنظيم ثلاث ورش عمل أقاليمية للاتحاد خلال دورة الدراسة الممتدة لأربع سنوات بين المؤتمرات العالمية للاتصالات الراديوية.

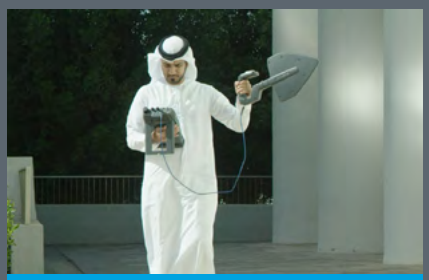
وتدعم ست منظمات إقليمية رئيسية للاتصالات (RTO) هذه المناقشات وبناء توافق الآراء بين الحكومات والهيئات التنظيمية ومقدمي خدمات ومعدات الاتصالات عبر ست مناطق تغطي العالم.

وقد عقد الاتحاد ورشتي عمل أقاليميتين بشأن التحضير للمؤتمر WRC-23، في أواخر عام 2021 وأواخر عام 2022. وتهدف ورشة العمل الأقاليمية الثالثة في الفترة التي تسبق المؤتمر WRC-23 إلى معالجة بعض القضايا الأكثر تعقيداً المتوقعة أثناء المؤتمر.

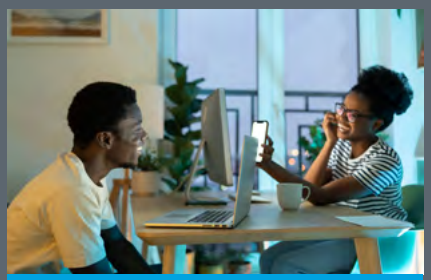
**مجلة أخبار الاتحاد الدولي للاتصالات العد التنازلي لعقد المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023**

قم بتنزيل نسختك

## المنظمات الإقليمية للاتصالات تسلط الضوء على المواضيع الرئيسية المطروحة على بساط البحث في المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2023 (WRC-23)



**الدول العربية، الفريق العربي المعني بإدارة الطيف (ASMG)، اقرأ المزيد**



**إفريقيا، الاتحاد الإفريقي للاتصالات (ATU)، اقرأ المزيد**

**أوروبا، المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT)، اقرأ المزيد**

**كومنولث الدول المستقلة، بلدان الكومنولث الإقليمي في مجال الاتصالات (RCC)، اقرأ المزيد**

**الأمريكتان، لجنة البلدان الأمريكية للاتصالات (CITEL)، اقرأ المزيد**

**آسيا والمحيط الهادئ، جماعة آسيا والمحيط الهادئ للاتصالات (APT)، اقرأ المزيد**

# ابق مواكباً للتطورات // // ابق مطلعاً

## سجّل في:

// الاتجاهات الرئيسية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات في جميع أنحاء العالم //
رؤى قادة الفكر في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات // آخر أحداث ومبادرات الاتحاد //

### أخبار الاتحاد أسبوعياً

*كل ثلاثاء*

### أخبار الاتحاد مقالات

*مدوّنات منتظمة*

### مجلة أخبار الاتحاد

*ستة إصدارات سنوياً*

### التسجيلات الإذاعية للاتحاد

*تابع التسجيلات الإذاعية*

### نشرات صحفية وتقارير إعلامية

*استلم آخر الأخبار*

*انضم إلى مجتمعات الاتحاد على الإنترنت على قناتك المفضلة*